



<p>(51) 国際特許分類6 G02B 21/06, 21/08</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/12068</p> <p>(43) 国際公開日 1999年3月11日(11.03.99)</p>									
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP98/03853</p> <p>(22) 国際出願日 1998年8月28日(28.08.98)</p> <p>(30) 優先権データ</p> <table border="0"> <tr> <td>特願平9/234070</td> <td>1997年8月29日(29.08.97)</td> <td>JP</td> </tr> <tr> <td>特願平9/234784</td> <td>1997年8月29日(29.08.97)</td> <td>JP</td> </tr> <tr> <td>特願平10/240403</td> <td>1998年8月26日(26.08.98)</td> <td>JP</td> </tr> </table> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) オリンパス光学工業株式会社 (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.)[JP/JP] 〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ)</p> <p>長 和彦(OSA, Kazuhiko)[JP/JP] 〒192-0055 東京都八王子市八木町2-13 ドミール八王子1004 Tokyo, (JP)</p> <p>祐川 実(SUKEKAWA, Minoru)[JP/JP] 〒197-0821 東京都あきる野市小川671-8 Tokyo, (JP)</p> <p>川崎健司(KAWASAKI, Kenji)[JP/JP] 〒208-0034 東京都武蔵村山市残堀4-49-2 Tokyo, (JP)</p>		特願平9/234070	1997年8月29日(29.08.97)	JP	特願平9/234784	1997年8月29日(29.08.97)	JP	特願平10/240403	1998年8月26日(26.08.98)	JP	<p>(74) 代理人 弁理士 鈴江武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.) 〒100-0013 東京都千代田区霞が関3丁目7番2号 鈴榮内外國特許法律事務所 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CN, US, 欧州特許 (CH, DE, FR, GB).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
特願平9/234070	1997年8月29日(29.08.97)	JP									
特願平9/234784	1997年8月29日(29.08.97)	JP									
特願平10/240403	1998年8月26日(26.08.98)	JP									
<p>(54)Title: TRANSMISSION ILLUMINATOR FOR MICROSCOPES</p> <p>(54)発明の名称 顕微鏡透過照明装置</p> <div data-bbox="535 1218 1088 1722"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>A transmission illuminator used for a microscope having a transmission illuminating optical system provided with a condenser lens (26) for applying light emitted from a light source (20) to a sample (30) to illuminate the same, and an observation optical system provided with an objective lens (31) for observing the sample, wherein at least two shading members (40a, 40b) are provided in a position conjugate with that of a pupil of the objective lens or in the vicinity of the conjugate position, and used to control the shape of an opening formed in the pupil of the objective lens, whereby it becomes possible to continuously vary contrast without disposing a dedicated optical element in the observation optical system, and illuminate various samples so as to give optimum contrast thereto.</p>											

(57)要約

本発明は、光源（２０）から発した光を標本（３０）に照明するコンデンサレンズ（２６）を具備した透過照明光学系と；標本を観察するための対物レンズ（３１）を具備した観察光学系と；を有する顕微鏡に用いられる透過照明装置において、対物レンズの瞳位置と共役位置又は共役位置の近傍に、前記対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する少なくとも２つの遮光体（４０ a, ４０ b）を設けた。これによって、観察光学系に専用の光学素子等を配置することなく、連続的にコントラストを変化させることができ、種々の標本に対して、最適なコントラストを与える照明を行なうことができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SI	スロヴェニア
AM	アルメニア	FR	フランス	LR	リベリア	SK	スロヴァキア
AT	オーストリア	GA	ガボン	LS	レソト	SL	シエラ・レオネ
AU	オーストラリア	GB	英国	LT	リトアニア	SN	セネガル
AZ	アゼルバイジャン	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	TD	チャード
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BG	ブルガリア	GW	ギニア・ビサウ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TR	トルコ
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	HR	クロアチア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
BY	ベラルーシ	HU	ハンガリー	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CA	カナダ	ID	インドネシア	MW	マラウイ	US	米国
CF	中央アフリカ	IE	アイルランド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IL	イスラエル	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CH	スイス	IN	インド	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CI	コートジボアール	IS	アイスランド	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	IT	イタリア	NZ	ニュージーランド		
CN	中国	JP	日本	PL	ポーランド		
CU	キューバ	KE	ケニア	PT	ポルトガル		
CY	キプロス	KG	キルギスタン	RO	ルーマニア		
CZ	チェッコ	KP	北朝鮮	RU	ロシア		
DE	ドイツ	KR	韓国	SD	スーダン		
DK	デンマーク	KZ	カザフスタン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LC	セントルシア	SG	シンガポール		
ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン				

明 細 書

顕微鏡透過照明装置

技術分野

本発明は、各種顕微鏡に適用可能な透過照明装置に関する。

背景技術

従来より、無色透明な各種の位相標本を可視化し、観察することができるように、位相差観察法、微分干渉観察法、変調コントラスト法、偏斜照明法等が提案されている。

上記位相差観察法は、顕微鏡の照明光学系の瞳位置にリングスリットを配置し、リングスリットと共役な位置にある結像光学系の瞳に、リングスリットと共役な形状の位相膜を配置するものである。この観察法の長所は、構造間の屈折率差が小さい標本や、細胞の顆粒状の微小構造等についても、高い検出感度で鮮明なコントラストのついた観察像が得られることである。これに対し、この観察法の短所は、標本の構造の端部が白く光って見える、ハローと呼ばれる現象により、構造の輪郭が確認しにくい点である。さらに、照明光学系に配置されたリングスリットと観察光学系の瞳面に配置された位相膜を投影し一致させなければならず、リングスリットから位相膜面までの瞳の収差性能を良好にする必要がある。位相差観察法においては、高倍率での観察は問題ないが、低倍率や極低倍率での観察は、瞳の収差性能を良好に補正することはできない。実際、位相差観察法が可能なのは、4倍の対物レンズ程度までである。

微分干渉観察法は、複屈折結晶により生じた直交する2つの偏光を標本面上に僅かにずらして照明し、これらを干渉させることで標本の微小な構造を観察するものである。この観察法の長所は、非常に高いコントラストで、立体感のある観察を行うことができる点である。これに対し、この観察法の短所は、複屈折結晶を使用するため高価であり、偏光を用いた観察であるため、偏光状態に影響を与えるような物質からなる場合には、正確な観察像を得られない。例えば、プラス

チックシャーレは、微分干渉観察には不適である。これは、プラスチックの複屈折により、偏光が乱れるためである。さらに、照明光学系におけるレンズや対物レンズの歪みによって偏光状態が乱されるので、専用の対物レンズ等が必要となる。また、2つの光束を干渉させるため、実際に観察が可能なのは、4倍の対物レンズ以上であり、低倍や極低倍の観察には不適である。

変調コントラスト観察法は、特開昭51-128548号に開示されているように、顕微鏡の照明光学系の瞳位置にスリットを配置し、結像光学系の瞳位置に透過率の異なる領域を複数配置するものである。通常、スリットと共役な領域に、適当な透過率をもつ吸収膜を配置し、それに隣接した一方の側を透過領域、他方の側を斜光領域とする。瞳面上では、標本内の構造による屈折の大小によって光の透過する領域が異なり、それに伴って透過率も変化するため、白黒の陰影をつけた立体感のある像が得られる。この観察方法の長所は、比較的安価な構成により、位相物体に陰影をつけて立体感のある像が得られることである。また、上記した位相差観察法で見られるハローがないため、構造の輪郭を観察し易く、細胞等のマニピュレーションに適している。これに対し、この観察法の短所は、位相差観察方法に比べて検出感度が劣ること、微小構造が確認しにくいことである。また、対物レンズを交換するたびに、スリットと吸収膜の向きを合わせる煩雑な操作が必要となる。さらに、スリットを観察光学系の吸収膜に投影するため、位相差観察法と同様に瞳を投影する光学系の収差を良好にする必要がある。このため、低倍や極低倍の対物レンズでは、瞳収差が良好に補正できず観察には不適である。

さらに、位相標本を可視化する照明方法として、偏斜照明法と暗視野照明法がある。

図1A～図1Dは、それぞれ、一般的な偏斜照明法におけるコンデンサレンズの模式図である。これらの図において、符号1は開口絞り、符号2a, 2bはレンズ群、そして、符号3は標本を示している。開口絞り1は、照明の開口を制限するものであり、可変する円形状の開口を有し、照明光軸Oと垂直な面内で移動することで、標本3に対する照明の角度が制御される。すなわち、図1Aに示す状態にある開口絞り1を移動させ、かつ絞ったときの瞳の状態が図1Bに、さら

に開口絞り 1 を絞ったときの瞳の状態が図 1 C に示されており、開口絞り 1 を開けた状態で移動させたときの瞳の状態が図 1 D に示されている。

また、図 2 A は、一般的な暗視野照明法におけるコンデンサレンズの模式図を示している。従来の暗視野照明方法は、図に示すように、開口絞りが配置される付近に、内側を遮蔽し、外側の輪帯部にスリットを開けた絞り 1 a を配置している。図 2 B に示すように、この絞り 1 a は、中央部に光を遮蔽する領域 1 b が設けられており、この領域 1 b によって、照明光を直接、対物レンズに入射させず、かつ標本 3 から発した散乱光を観察することで暗視野観察が可能となる。この場合、対物レンズの開口数の大きさに応じて絞り 1 a の形状を選択することで、様々な対物レンズを用いて暗視野観察が可能となる。

ところで、顕微鏡を用いた観察において、ミクロ領域だけでなく、マクロ領域での観察のニーズがあり、1 倍の対物レンズや、更に極低倍の 0.5 倍の対物レンズ等を使用したい場合がある。そして、このようなマクロ領域の観察は、実体顕微鏡を用いるのが一般的である。実体顕微鏡は、安価で操作性に優れ、立体的な観察が可能であるという利点があり、また、照明方法についても、暗視野、明視野、偏斜照明のように、位相標本のような透明な標本を可視化する手段が存在する。

特開平 4-318804 号には、偏斜照明が行える実体顕微鏡の透過照明装置が開示されている。図 3 A は、この公報に開示されている透過照明装置を示す図である。図 3 A に示すように、この装置は、光源 5 からの光をコレクタレンズ 6、摺りガラス 7 を介してミラー 8 に導き、ミラー 8 により反射した光線をコンデンサレンズ 9 を介して標本載置透明部材 10 上の標本 10 a に照射して対物レンズ 12 に導くように構成されている。ミラー 8 を回転させ、角度を変えることにより、図 3 B に示す左右の対物レンズの瞳 13 の暗部 13 a と明部 13 b の比が調節できるように構成されている。

また、実公昭 41-5808 号には、偏斜照明と暗視野照明を選択的に行える実体顕微鏡の透過照明装置が開示されている。図 4 はこれを説明するための図である。図 4 A に示すように、この装置は、光源 5 からの光をコレクタレンズ 6、摺りガラス 7 を介してミラー 8 に導き、ミラー 8 により反射した光をコンデンサ

レンズ9を介して標本10aに照射して対物レンズ12に導くように構成されている。そして、対物レンズ12の瞳と共役な位置に配置されている摺りガラス7の近傍に、光束を切るナイフエッジ15を設けている。

図4Bに示すように、2つ並んだ対物レンズの瞳の共役像17に対してナイフエッジ15を上下に移動させることにより、斜光斜照明と暗視野照明を選択的に行うことができる。また、上記した特開平4-318804号には、図4Aに示されるナイフエッジ15の代わりに絞りを配置することも提案されている。

位相標本のような透明な物体の観察が行える上述した位相差観察法、微分干渉観察法、変調コントラスト観察法は、それぞれ専用の観察光学系が必要となる。また、照明光学系と観察光学系の瞳投影光学系の光学性能を良好に補正する等の必要性があり、低倍や極低倍での観察には不向きである。

また、上述した図1Aに示す偏斜照明法では、開口絞り1を、図1Cに示すように移動させ、かつ絞り込むと、解像や照明光の明るさが不足してしまい、また、図1Dに示すように移動させると、偏斜照明の自由度、つまり対物レンズに直接入射する照明光と入射しない照明光の割合を調節することが難しい。これは、開口絞りが円形開口を形成するように構成されているためである。

また、上述した図2に示した暗視野照明の場合でも、輪帯状のスリットの幅や開口位置により、暗視野照明光の角度が変わるので、標本の厚さ等が変化すると、コントラスト良く可視化できないこともある。すなわち、照明光の角度を自由に調整するためには、異なる構成の輪帯状スリットを多数用意する必要性があり、実用的ではない。

また、上述した実体顕微鏡で提案されているような偏斜照明方法においても、左右の対物レンズの瞳を、夫々片側だけ照明する構成であるため、一通りのコントラストしか得られない。また、照明光学系の瞳にスリットを配置することにより、対物レンズの瞳の開口を制限して偏斜照明の効果は得られるが、従来例では、スリットの形状、もしくはスリットの配置が固定されているため、様々な標本の厚みや屈折率の変化に応じて、自由に照明光の強度や照明角度をきめ細かく調節できない。

以上のように、従来の顕微鏡の照明装置は、低倍から極低倍領域での観察を行うに際し、位相標本をコントラスト良く可視化するための照明法として十分とはいえない。

また、最近では、実体顕微鏡はシステム化され、幅広い倍率範囲が求められ、使いやすさも重要視されている。幅広い倍率範囲に対応するためには、広い視野を均一に照明することが要求され、使いやすさの点では、できるだけ高さが低い試料面が求められている。

上述した従来の技術では、視野を拡大するために、摺りガラス（拡散板）を大きくしなければならず、偏向ミラーも同様に大きくしなければならない。このため、照明光学系が厚くなってしまい、広視野化と低試料面を両立することはできない。

また、実公昭45-1105号には、図5に示すような、明視野照明と暗視野照明を行える照明装置が開示されている。この照明装置は、光源100を、対物レンズ101及び試料102の下方に配置しており、暗視野照明時には、シャッター103を閉じて試料102へ入る直接光を遮り、かつ光源100からの光を円筒形ミラー105で反射して、試料102へ斜めに入射させている。また、明視野照明時には、シャッター103を開けて、光源100からの光を直接、試料に入射させている。

しかしながら、このような照明装置では、光源を試料に対して上下方向に配置するため、光路が短く、フィルタ等の光学部材を装着するスペースが無い。光学部材を光路に装着しようとする、この構成では、装置全体が厚くなってしまう。また、光路が短いため、広い視野を均一に照射することはできない。

発明の開示

この発明の目的は、特に、低倍から極定倍領域において、観察光学系に専用の光学素子等を配置することなく、位相標本をコントラスト良く可視化して、その構造や分布を特定可能にする顕微鏡の照明装置を提供することにある。すなわち、様々な厚さや屈折率をもつ標本に対して、連続的にコントラストを変化させ、標

本に対して最適な照明を与える透過照明装置を提供することにある。

また、本発明の別の目的は、試料載置面を低く、すなわち、顕微鏡本体の底面から、試料載置面までの高さを低くすることを可能にする、透過照明装置を提供することにある。

また、本発明の更に別の目的は、明視野光学系、暗視野光学系を切換えて標本を観察することのでき、かつ顕微鏡本体の底面から、試料載置面までの高さを低くすることを可能にする透過照明装置を提供することである。

図面の簡単な説明

図 1 A～図 1 Dは、一般的な偏斜照明法におけるコンデンサレンズの模式図、及び夫々の開口絞りによって形成される瞳の開口形状を示す図；

図 2 Aは、一般的な暗視野照明法におけるコンデンサレンズを示す模式図であり、図 2 Bは、絞りの形状を示す図；

図 3 Aは、従来の透過照明装置の概略構成を示す図であり、図 3 Bは、左右の対物レンズの瞳の開口形状を示す図；

図 4 Aは、従来の別の透過照明装置の概略構成を示す図であり、図 4 Bは、左右の対物レンズの瞳とナイフエッジとの関係を示す図；

図 5は、明視野照明置と暗視野照明装置を切換え可能にした従来の顕微鏡を示す図；

図 6は、本発明の透過照明装置が適用可能な実体顕微鏡の外観を示す図；

図 7は、図 6 に示した実体顕微鏡の光学系の構成を模式的に示す図；

図 8 Aは、明視野照明状態におけるコンデンサレンズと対物レンズの部分を模式的に示す図であり、図 8 Bは、その時の瞳の状態を示す図；

図 9 Aは、図 7 に示した光学系において、遮光体、コンデンサレンズ、対物レンズの部分を模式的に示す図であり、図 9 Bは、その時の瞳の状態を示す図；

図 10 Aは、図 9 Aに示した構成において、遮光体を移動させた状態を示す図であり、図 10 Bは、その時の瞳の状態を示す図；

図 11 Aは、図 9 Aに示した構成において、遮光体を移動させた状態を示す図であり、図 10 Bは、その時の瞳の状態を示す図；

図 1 2 A～図 1 2 D は、夫々図 8 B～図 1 1 B に対応する図であり、図 7 に示した光学系を、実体顕微鏡に適用した場合の瞳と遮光体との位置関係を示す図；

図 1 3 は、顕微鏡本体内に設けられる遮光体の駆動機構の一例を示す図；

図 1 4 は、遮光体の駆動機構の第 2 の構成例を示す図；

図 1 5 A 及び図 1 5 B は、遮光体の駆動機構の第 3 の構成例を示す図であり、図 1 5 A は平面図、図 1 5 B は側面図；

図 1 6 A 及び図 1 6 B は、遮光体の駆動機構の第 4 の構成例を示す図であり、図 1 6 A は平面図、図 1 6 B は、図 1 5 A の X V I B - X V I B 線に沿った断面図；

図 1 7 A 及び図 1 7 B は、対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する構成を示す図であり、図 1 7 A は光学系の概略を示す図、図 1 7 B は、遮光体と瞳の関係を示す図、図 1 7 C は、遮光体部分の別の構成例を示す図；

図 1 8 A 及び図 1 8 B は、それぞれ、対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する別の構成例を示す図；

図 1 9 A 及び図 1 9 B は、対物レンズの瞳に形成される開口形状を制御する別の構成例を示す図であり、図 1 9 A は光学系の概略を示す図、図 1 9 B は、遮光体と瞳の関係を示す図；

図 2 0 A 及び図 2 0 B は、対物レンズの瞳に形成される開口形状を制御する別の構成例を示す図であり、図 1 9 A は光学系の概略を示す図、図 1 9 B は、遮光体と瞳の関係を示す図；

図 2 1 は、実体顕微鏡において、対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する構成を示す、遮光体と瞳の関係を示す図；

図 2 2 は、図 2 1 において、遮光体部分の別の構成例を示す図；

図 2 3 は、対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する別の構成例を示す図；

図 2 4 は、対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する別の構成例を示す図；

図 2 5 A 及び図 2 5 B は、実体顕微鏡における対物レンズの瞳に形成される開口形状を制御する別の構成例を示す図であり、図 2 5 A は光学系の概略を示す図、

図 2 5 B は、遮光体と瞳の関係を示す図；

図 2 6 A 及び図 2 6 B は、実体顕微鏡における対物レンズの瞳に形成される開口形状を制御する別の構成例を示す図であり、図 2 6 A は光学系の概略を示す図、図 2 6 B は、遮光体と瞳の関係を示す図；

図 2 7 A ～ 図 2 7 E は、遮光体の別の構成例を示す図であり、それぞれ、2 つの遮光体が移動した際の位置関係の例を示す図；

図 2 8 A 及び図 2 8 B は、遮光体の別の構成例を示す図であり、それぞれ、2 つの遮光体が移動した際の位置関係の例を示す図；

図 2 9 A 乃至図 2 9 C は、遮光体の別の構成例を示す図であり、図 2 9 A は、遮光体 1 枚の構成を示す図、図 2 9 B 及び図 2 9 C は、それぞれ 2 つの遮光体が移動した際の位置関係の例を示す図；

図 3 0 は、透過照明光学系の別の構成例を示す図；

図 3 1 は、本発明の透過照明光学系に用いられる高倍率用コンデンサレンズの構成を示す図；

図 3 2 は、高倍率用コンデンサレンズの第 2 の構成を示す図；

図 3 3 は、本発明の透過照明光学系に用いられる低倍率用コンデンサレンズの構成を示す図；

図 3 4 A 及び図 3 4 B は、顕微鏡透過照明装置に用いられる切換可能なコンデンサレンズの構成を示しており、図 3 4 A は高倍率用コンデンサレンズの構成を示す図、図 3 5 B は低倍率用のコンデンサレンズの構成を示す図；

図 3 5 A 及び図 3 5 B は、顕微鏡透過照明装置に用いられる切換可能なコンデンサレンズの第 2 の構成を示しており、図 3 5 A は高倍率用コンデンサレンズの構成を示す図、図 3 5 B は低倍率用のコンデンサレンズの構成を示す図；

図 3 6 は、本発明の第 2 の実施の形態を示す図；

図 3 7 は、図 3 6 に示した実施の形態の変形例を示す図；

図 3 8 A は、本発明の顕微鏡透過照明装置の第 3 の実施形態を示す図であり、明視野光学系を主として示す図、図 3 8 B は、凸レンズの形状を示す図；

図 3 9 A は、図 3 8 A に示す構成において、暗視野光学系を主として示す断面図、図 3 9 B は、凸レンズの形状を示す図；

図 4 0 は、光学系切換機構を示す図；

図 4 1 は、フィルタ挿脱機構を示す図；

図 4 2 A 及び図 4 2 B は、第 3 の実施形態の作用効果を説明する図；

図 4 3 A 及び図 4 3 B は、フィルタ挿脱機構の変形例を示す図；

図 4 4 A は、第 3 の実施の形態の第 1 変形例を示す図であり、明視野光学系を主として示す図、図 4 4 B は、凸レンズの形状を示す図；

図 4 5 は、第 1 変形例における光学系切換機構を示す図；

そして、

図 4 6 は、第 1 変形例におけるフィルタ切換機構を示す図。

以下、本発明の実施の形態を通常の顕微鏡を例にして説明する。

図 7 は、顕微鏡の光学系の構成を模式的に示した図であり、前記光学系は、標本を照射する透過照明光学系と、標本を観察する観察光学系とを備えている。

上記透過照明光学系は、ハロゲンランプ等の光源 2 0 と、光源 2 0 からの光を略平行光束にするコレクターレンズ 2 1 と、コレクターレンズからの光を拡散させる拡散板（摺りガラス） 2 2 と、拡散板からの光束を制限する視野絞り 2 3 と、視野絞りを通過した光束を上方に向けて偏向する偏向ミラー 2 4 と、偏向ミラーからの光源像を投影する投影レンズ 2 5 と、投影レンズからの光を略平行光束として、標本 3 0 を照射するコンデンサレンズ 2 6 とで構成されている。この場合、投影レンズ 2 5 からの光源像は、コンデンサレンズ 2 6 の前側焦点位置である透過照明光学系の瞳位置 P 1 に投影されて標本 3 0 を照明する。

また、前記観察光学系は、対物レンズ 3 1 と、結像レンズ 3 2 と、接眼レンズ 3 3 とで構成されており、観察光学系の瞳位置となっている対物レンズ 3 1 の焦点位置 P 2 は、前記したコンデンサレンズの焦点位置である瞳位置 P 1 と共役な関係である。なお、標本 3 0 を透過した光は、対物レンズ 3 1、結像レンズ 3 2 を通って接眼レンズ 3 3 で観察される。

上記のように構成された透過照明光学系内には、対物レンズ 3 1 の瞳位置 P 2 と共役な位置（すなわち前記瞳位置 P 1）、もしくは共役な位置の近傍において、少なくとも 2 つの遮光体 4 0 a、4 0 b が独立移動可能に配置されている。これ

らの遮光体40a, 40bを移動することにより、以下に詳述するように、前記対物レンズ31の瞳内に形成される開口の形状が制御される。すなわち、標本30を照明する照明光の角度を変化させて、対物レンズ31に直接入射する照明光と、標本30から発する回折光の強度の割合を調節することが可能となる。

これを、図8A乃至図11Bを参照して具体的に説明する。なお、これらの図において、図8A, 9A, 10A, 11Aは、それぞれ光学系を模式的に示す図、図8B, 9B, 10B, 11Bは、それぞれ顕微鏡における瞳と遮光体との位置関係を示す図である。また、符号Aで示す円は、前記コンデンサレンズ26が照明可能な最大の開口数の瞳を示しており、符号Cで示す円は、コンデンサレンズ26の瞳位置P1において顕微鏡の対物レンズ31の開口数に対応する瞳を示しており、符号Bで示す円は、対物レンズ31の瞳位置における光の入射状態（開口形状；黒い部分は遮光体40a, 40bによって遮光される部分）を示している。

図8A及び図8Bは、遮光体が存在しない状態を示しており、いわゆる明視野照明状態となっている。このような構成において、コンデンサレンズ26の瞳位置P1、もしくはこの近傍位置（瞳位置P1から光軸方向に±数mm程度）に、図7に示したように、少なくとも2つの遮光体40a, 40bを独立移動可能に配置する。この場合、遮光体と隣接して開口絞り41を配置しても良い。

遮光体は少なくとも2つ存在しており、各遮光体の形状、数、移動方法については様々に構成することが可能である。例えば、図8Aに示すように、それぞれ矩形形状とし、矢印で示すように独立移動させ、上記した瞳Cを遮光するように構成することが可能である。すなわち、図9A, 図9Bに示すように上記遮光体40a, 40bを位置付けると、瞳Bで示すような開口形状（照明状態）が得られる。この図において、遮光体40aによって遮光された領域（斜線で示す）は、上記した瞳Bにおける左側の黒い領域に対応し、遮光体40bによって遮光された領域は、瞳Bにおける右側の黒い領域に対応する。

図9Bに示した状態から、遮光体40bを、更に遮光体40a側に移動させ、両者の間隔を狭くした状態を図10Bに示す。この状態の瞳Bにおける開口形状に示すように、標本30に直接入射する照明光は、図において、瞳Bの左側の細

長い狭い領域（図6に示した顕微鏡で観察した際、観察者の上側の細長い領域）のみである。このように、遮光体40a, 40bを独立に移動させることで、偏斜照明としての効果が得られると共に、各遮光体40a, 40bの間隔を変えることで、明るさ絞りとしての効果が得られる。また、各遮光体40a, 40bを任意に移動することで、対物レンズの瞳内に形成される開口形状の制御が可能となる。すなわち、標本30を照射する照明光の角度及び光量が連続的に変化することで、対物レンズに直接入射する照明光と標本から発する回折光の強度の割合を連続的に調節することができ、標本に応じて最適な観察が行えるようになる。

また、図11Bに示すように、各遮光体40a, 40bを移動させて瞳Cを遮光することで、対物レンズに入射する直接光をカットし、標本からの散乱光を観察する暗視野照明とすることも可能となる。この場合、暗視野照明光の照明の光量および角度は、瞳Cを遮光した状態で、遮光体40a, 40bの間隔と位置を変化させることで調節可能である。

なお、以上のような光学系は、実体顕微鏡にも適用可能である。図12A乃至12Dは、夫々図8B, 図9B, 図10B, 図11Bに対応する図であり、上記した光学系を、実体顕微鏡に適用した場合の瞳と遮光体との位置関係を示す図である。図12A乃至図12Dにおいて、符号C1, C2で示す円は、実体顕微鏡の左右夫々の対物レンズの開口に対応する瞳を示しており、符号B1, B2で示す円は、各左右の対物レンズの瞳位置における光の入射状態を示している。

ここで、本発明に係る透過照明装置を実体顕微鏡に組み込んだ構成例を説明する。図6は、実体顕微鏡の全体構成を示す側面図である。この実体顕微鏡200は、後述する遮光体切替用のレバー210a（210b）、フィルターレバー202、ボリュームつまみ203、必要に応じて設けられるミラー傾き調整レバー204を有する透過照明架台205と、ランプハウスLHと、焦準部Fと、焦準ハンドルFHと、鏡筒Kと、鏡体KBと、対物レンズ収容体Tと、接眼レンズEOとを備えている。なお、試料Sは、透過照明台の表面に載置され、左右2つある接眼レンズEOを介して観察される。

上記した遮光体40a, 40bの駆動機構を、図13乃至図16を参照して説明する。

図13で示すように、各遮光体40a, 40bは、図6に示した透過照明架台205を構成する筐体本体205aの壁面をそれぞれ独立して貫通されると共に、スライド可能な2本のレバー210a, 210bの先端部の内側に取り付けられている。各レバー210a, 210bは、矢印方向に独立して操作可能であり、これによって、図9乃至図11で示したように、遮光体40a, 40bを、左右の観察光学系の光軸を含む平面と平行な方向に対して直交する方向（観察者に対して前後方向）に移動させることができる。なお、各レバー210a, 210bの後端部に並進機構（図示せず）を設け、両遮光体が連動するように構成しても良い。

図14は、遮光体及びその駆動機構の第2の構成例を示す図である。

各遮光体40a, 40bは、筐体本体205aの側壁に対して、斜め方向に、それぞれ独立して貫通されると共に、矢印方向に独立してスライド可能な2本のレバー211a, 211bの先端部の内側に取り付けられている。このように、各遮光体の移動を果たす操作レバーは、筐体本体205aの側壁の任意の位置に取り付けることが可能であり、その取り付け位置に応じて各遮光体の形状も任意に変更される（図に示した構成は5角形状である）。なお、この構成例においても、各レバー211a, 211bの後端部に並進機構を設けて、両遮光体が連動するように構成しても良い。

図15A及び図15Bは、遮光体及びその駆動機構の第3の構成例を示す図であり、図15Aは平面図、図15Bは側面図である。

各遮光体40a, 40bには、図に示すように、夫々斜め方向（Y1、Y2方向）に沿って延出する長孔40a1, 40a2及び40b1, 40b2が形成されると共に、左右方向に沿って延出する長孔40a3, 40b3が形成されている。

筐体本体205aの側壁には、独立して貫通されると共に、スライド可能な2本のレバー212a, 212bが配されており、各レバーの先端には、前記遮光体40a, 40bに形成された長孔40a3, 40b3と係合するピン213a, 213bが形成されている。また、筐体本体205aの底面には、前記遮光体40a, 40bに形成された長孔40a1, 40a2及び40b1, 40b2と係

合するリンク 215 a, 215 b, 215 c, 215 d が設けられている。

この結果、レバー 212 a, 212 b を、夫々 X 1, X 2 方向に出し入れすることにより、遮光体 40 a, 40 b は、夫々の長孔に沿って、Y 1, Y 2 方向に移動すると共に、相対的に左右方向に移動する。

図 16 A 及び図 16 B は、遮光体及びその駆動機構の第 4 の構成例を示す図であり、図 16 A は平面図、図 16 B は側面図である。この駆動機構は、上述したようなリンク機構に加え、カム機構を備えている。

筐体本体 205 a の側壁には、軸方向に移動可能で回転操作可能なカム軸 220 が貫通して設けられている。カム軸 220 には、夫々遮光体 40 a, 40 b を取り付けたカムフォロワー 221 a, 221 b が配されている。各カムフォロワー 221 a, 221 b には、回転固定軸 222 a, 222 b が設けられており、これらの一端部は、筐体本体 205 a に形成された保持部 225 に形成された長孔 225 a に係合して、カムフォロワー 221 a, 221 b の回転を規制している。また、回転固定軸 222 a, 222 b の他端部は、カム軸 220 に形成された螺旋溝 220 a, 220 b と係合しており、カム軸 220 を摘み 220 c によって回転させた際、各カムフォロワー 221 a, 221 b を軸方向に沿って移動させる。

この結果、カム軸 220 を軸方向（矢印 X 方向）に移動させることで、各遮光体 40 a, 40 b を一体的に軸方向に移動させることができ、また、摘み 220 c によってカム軸 220 を回転させることで、各遮光体 40 a, 40 b を互いに接近、離反させ、その間隔を変えることができる。

以上のような遮光体及びその駆動機構によれば、実体顕微鏡における左右の対物レンズの各瞳を、前後方向において均等に絞ることができる。左右の瞳が均等に絞られるため、左右の像の見え方は均等となり、実体顕微鏡の特徴である左右の視差で立体感が得られる。この場合、各遮光体 40 a, 40 b を移動させることで、標本に対する直接光と回折光の割合を任意に調整して、コントラストを連続的に変化させながら観察を行うことができる。さらに、遮光体 40 a, 40 b を接近させることで直接光をカットし、暗視野としての観察も可能となる。このように、各対物レンズの瞳に入射する光量を自由に変えられるので、コントラスト

トを自由に制御でき、しかも斜光を加えることで、さらにコントラストを強調することができ、幅広い標本に対応できる。なお、上述したような駆動機構は、通常の顕微鏡にも適用可能である。

次に、対物レンズの瞳内に形成される開口形状の制御を行う別の構成を、通常の顕微鏡に適用した場合について説明する。

図17A～図17Cは、前記対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する構成を示している。図17Aに示すように、一方の遮光体40aの近傍に、光の強度を制御する光学部材、例えばND (Neutral density) フィルタ45を移動可能に配置する。このフィルタ45は、図17Bに示すように、矢印方向に移動可能であり、遮光体40aの移動と独立して移動可能に構成されている。

図17Bにおいて、瞳Cが各遮光体40a, 40bに遮光される領域を斜線で示し、光がフィルタ45を透過する領域を格子線で示してある。このように構成することによって、瞳Bで示すように、対物レンズの瞳内に、光量の異なる領域を形成できる（瞳Bにおいて、符号Dで示す部分が開口部であり、符号Eで示す格子線部が、開口部においてフィルタ45によって光量が抑制された領域を示す）。この結果、標本に直接入射する照明光の光量が抑えられ、標本の細かい領域をコントラスト良く観察し易くなる。また、遮光体40a, 40b及びフィルタ45を任意に移動させることで、標本を照明する照明光の角度を変化させて、対物レンズに直接入射する照明光と標本から発する回折光の割合をより細かく調節できる。

なお、上記したフィルタ45は、遮光体40aに重なるように配置したが、図17Cに示すように、遮光体40bの部分にも別途、配置することで、更に照明の自由度を増すことができる。

図18は、前記対物レンズの瞳に形成される開口に対し、部分的に光の強度を制御する別の構成例を示している。図18Aに示した構成は、一方の遮光体40aの近傍に、減光比が異なる2枚のNDフィルタ45a, 45bを重ね、互いに独立移動可能で、かつ遮光体40a, 40bに対しても独立移動可能に配置したものである。

このように構成することによって、同じ大きさの開口部に対して、光の強度を調節することができ、照明の自由度が増すと共に、位相標本などを可視化させてコントラストの調節をより細かく行える。もちろん、この構成においても、遮光体 40 b 側に、同一の構成のフィルタ 45 a, 45 b を配置しても良い。

また、上記した構成では、光の強度を調節する部材として、ND フィルタを用いたが、偏光素子を用いても開口部における強度を任意に調節することが可能である。例えば、図 18 B に示すように、コンデンサの瞳 A の領域を全てを覆う回転可能な偏光板 46 a を、遮光体 40 a, 40 b に隣接して配置すると共に、遮光体 40 a の近傍に、偏光板 46 b を矢印方向に移動可能に配置しておく。この結果、偏光板 46 b を偏光板 46 a に重ね、かつ偏光板 46 a を回転させることで、重なり領域において光の強度を連続的に調節することができ、位相標本のコントラストを連続して変化させることができる。

あるいは、上記したような ND フィルタや、偏光板以外にも、液晶パネルを用いても、同様な効果を得ることができる。すなわち、液晶パネルに加わる印加電圧を制御することで、対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を変化させたり、開口内において明るさの異なる領域を任意に形成することができる。また、上記したような ND フィルタ、偏光素子、液晶素子を、任意に組み合わせても良い。

上述した構成において、コンデンサレンズは、図 7 に示したように、開口絞り 41 を具備するように構成されている。ここで、コンデンサレンズが開口絞り 41 を備えている場合、対物レンズの瞳に形成される開口の制御について、図 19 A 及び図 19 B を参照して説明する。

開口絞り 41 は、コンデンサレンズ 26 が照明可能な最大の開口数の瞳 A を絞るように構成されている。このため、開口絞り 41 を遮光体 40 a, 40 b と併せて調節することにより、図に示すように、領域 G と H の光をカットすることができる。すなわち、開口絞り 41 を絞り込むことで、対物レンズの瞳 B の開口領域を、長手方向で制限することが可能となる。また、対物レンズに直接入射しない暗視野照明光の調節も可能となる。なお、開口絞り 41 を配置するのは、上述したすべての構成例に適用することが可能である。

以上説明した遮光体 40 a, 40 b の移動方向については、対物レンズの瞳の

開口形状を有効に制御できれば、限定されることはない。例えば、図20A、図20Bに示すように、左右方向に延出する軸40p、40qを支軸として各遮光体を回転移動するように構成しても、各対物レンズの瞳の開口形状を有効に制御することが可能である。

図17乃至図20は、いずれも実体顕微鏡を例にして説明したが、各図面に示された光学系は、実体顕微鏡にも同様に適用可能である。実体顕微鏡における瞳と遮光体との位置関係は、図11に示した構成と同様であり、図を恣意すれば、夫々図21～図26のようになる。

図27乃至図29は、遮光体の変形例を示す図である。なお、これらの変形例は、通常の顕微鏡に適用している。

図27に示す構成は、一方の遮光体40cがL字形状であり、他方の遮光体40dが矩形形状に構成されている。このような形状の遮光体40c、40dを、前後左右に移動可能に構成すると共に、遮光体40dを、さらに光軸と直交する方向の平面内において回動可能に構成することによって、図27A乃至図27Dに示されるように、対物レンズの瞳の開口形状、すなわち、対物レンズに直接入射する照明光を連続的に調節することができる（各図において、瞳Cの斜線部分が、各遮光体40c、40dによって遮光される部分である）。さらには、図27Eに示すように、瞳Cのみを遮光することで暗視野照明を行うことができ、この場合、瞳Aを部分的に遮光することで、暗視野照明時における光量も連続的に調節でき、位相標本の観察の自由度が向上する。

また、図28は、4枚の正方形の遮光体40eを対物レンズの瞳位置と共役な位置（もしくはその近傍）に配置する構成例を示している。図28A及び図28Bに示すように、各遮光体を前後左右方向に移動させることで、明視野照明から偏斜照明、さらには暗視野照明へと照明光の入射角度を変えながら切換えることができ、さらには、各遮光体40eを回転可能に構成したり、あるいは別途開口絞りを配置することで、照明の自由度が増し、位相標本の観察の自由度が向上する。

また、図29は、図29Aに示すように、1/4円形状の切欠き40hを形成した矩形形状の遮光体40fを対物レンズの瞳位置と共役な位置（もしくはその

近傍)に配置する構成例を示している。図29Bに示すように、各遮光体を接触させると、全体として中心部に円形の開口が形成された遮光体となり、円形開口の偏斜照明を行うことができる。また、各遮光体の矢印方向への移動により、例えば、図29Cに示すように、様々な開口形状を実現することができる。

以上のように、遮光体が2つ以上であっても、あるいはその形状が矩形でなくとも、対物レンズの瞳の開口形状を任意に制御することが可能であり、透明な位相標本を可視化させて、コントラストを連続的に調節することが可能である。

上述した構成において、前記対物レンズの瞳の面積を $D1$ とし、前記した各種の遮光体によって前記対物レンズの瞳内に形成される開口の面積を $D2$ とした場合、 $D1$ と $D2$ の比率($D2/D1$)が、

$$D2/D1 < 0.5 \text{ (条件1)}$$

を満足するように各遮光体を移動させることが好ましい。この条件1を満足することで、透明な位相標本などをコントラスト良く可視化することができる。

すなわち、 $D1$ と $D2$ の比率($D2/D1$)は、標本を透過して対物レンズに直接入射する直接光と、標本による回折光の割合であり、偏斜照明の度合いを示す数値である。上記した条件を満足することで、標本からの回折光を取り込み、かつ直接光の割合を抑えた偏斜照明あるいは暗視野照明となるので、透明な標本をコントラスト良く、可視化することができる。

また、上述した構成において、透明な位相標本をコントラスト良く可視化するためには、偏斜照明や暗視野照明のように、照明角度が大きくとれるコンデンサレンズを備えた照明光学系が必要となる。さらに、前記コンデンサレンズの照明範囲が広いほど、つまり低倍率において位相標本を可視化できることが重要であり、また、観察範囲が広がることで、観察効率の向上が図れる。

一般に対物レンズの倍率と開口数には、ある一定の関係があり、おおよそ対物レンズの倍率と開口数は、以下のような値をもつ(表1)。

対物レンズの倍率	開口数
0.5	0.02
1～1.25	0.04
2	0.08
4	0.16
10	0.4
20	0.7 (乾燥系) 0.8 (油浸系)
40	0.95 (乾燥系) 1.3 (油浸系)
100	0.95 (乾燥系) 1.4 (油浸系)

そこで、前記コンデンサレンズの照明可能な最大の開口数をNA1、前記コンデンサレンズの最大の照明範囲を観察可能な対物レンズの開口数をNA2とした場合、

$$NA2/NA1 < 0.6 \text{ (条件2)}$$

を満足するコンデンサレンズを備えた透過照明光学系とすることが好ましい。

以上のような条件2を満足することで、最も広い照明範囲を観察可能な対物レンズにおいて、照明角度が大きく対物レンズに直接入射しない照明光を十分に確保することができる。照明光の成分としては、暗視野照明を含む偏斜照明光の領域が十分に確保されるので、2つ以上の遮光体を各々移動して偏斜照明から暗視野照明までの照明の自由度が増える。この結果、低倍率の対物レンズの観察から、透明な位相標本のコントラストを連続して変化させることができる。また、対物レンズの倍率が高くなると開口数も大きくなるので、対物レンズの倍率が高くなるにつれて暗視野照明を含む偏斜照明の領域が少なくなる。このため、低倍率での観察だけでなく、それ以外の倍率の観察においても、条件2を満足することは重要である。

上述した遮光体は、図7に示したように、コンデンサレンズの前側焦点位置、もしくはその近傍に配置した構成としたが、顕微鏡の光学系のデザインによって、様々な位置に配置することが可能である。そのような光学系の一例を図30を参照して説明する。

図30は、図7に示した光学系の内、透過照明光学系のデザインを変更した構成を示す（図7と同一の部材については同一の参照符号が付してある）。この透過照明光学系は、図7に示した拡散板22と偏向ミラー24との間に、リレーレンズ60及び61を配設している。この構成によれば、光源20から射出した光は、コレクタレンズ21によって平行光とされた後、リレーレンズ60によって一次光源像（結像位置を符号P3で示す）をつくる。そして、この一次光源像は、リレーレンズ61、偏向ミラー24、投影レンズ25を介して、コンデンサレンズ26の前側焦点位置に投影される（二次光源像）。絞り23は視野絞りであり、絞り41は開口絞りとして機能する。

このような光学系によれば、対物レンズ31の瞳と共役位置である1次光源像の位置P3もしくはその近傍位置に、上述したような構成の遮光体40a、40b（上述した他の構成の遮光体であっても良い）を配置することが可能となる。また、このような構成においても、上述した条件1が満足されるように、各遮光体を移動させることで、偏斜照明又は暗視野照明の効果が得られる。また、低倍や極低倍領域を照明する場合、コンデンサレンズを照明光路から取り外すか、あるいは1倍以下の照明に使用されるコンデンサレンズをアフォーカル系として構成する。この場合、対物レンズ31の瞳位置と共役になる位置は、投影レンズ25の前側焦点位置である視野絞り23と対応するため、この視野絞り23の位置、もしくはその近傍に上述した構成の遮光体を移動可能に配置することで同様の効果が得られる。

また、上述した透過照明光学系において、偏向ミラー24を回動可能に構成しても良い。偏向ミラー24の回動は、図6に示した実体顕微鏡の場合、ミラー傾き調整レバー204を操作することで行うことができる。このように、偏向ミラー24を回動可能に構成したことにより、偏斜照明時や暗視野照明時において、標本に対する照明光の角度を任意に調節することが可能となる。

上述した構成において、透過照明光学系に用いられるコンデンサレンズは、対物レンズの倍率に応じて切り換え可能に構成されている。すなわち、コンデンサレンズの開口絞りと標本との間にある少なくとも1つのレンズ群が、低倍率の対物レンズと高倍率の対物レンズに応じて、着脱または他のレンズ群に切換えて使

用するように構成されている。そして、このように構成されるコンデンサレンズにおいては、上述したような遮光体は、低倍率時のコンデンサレンズの瞳位置、またはその近傍に配置するのが良い。

このように、低倍率時のコンデンサレンズの瞳位置、またはその近傍に遮光体を配置するのは以下の理由による。すなわち、本発明による照明法は、大きい開口数を有する高倍率時の観察において得られる標本について、正しい情報になるとは限らないが、低倍率時には、回折現象というよりは照明による散乱現象に近い。しかも、低倍率時の観察では、解像を重視するのではなく、コントラストを連続的に変化させて可視化することが重要である。

低倍率時のコンデンサレンズの瞳位置に、前記対物レンズの瞳内に形成される開口を制御する遮光体を配置することで、位相標本を可視化する低倍率時においても、前述したように、明視野照明から偏斜照明、さらには暗視野照明へと連続的に照明を変えることが可能となり、位相標本のコントラストを連続して変化させることができる。さらに、高倍率時に、位相差観察や微分干渉観察が可能なコンデンサレンズであるユニバーサルコンデンサと併用することで、それぞれの照明を切換えて使用することも可能となる。すなわち、低倍率での観察には、上述したような照明法を使用して位相標本全体の構造や分布をコントラスト良く可視化し、高倍率での観察では、従来の観察法である位相差や微分干渉を使用して微細構造の観察が行えるように構成することもできる。

上述したように、透過照明光学系において、開口絞りと標本の間にある少なくとも1つのレンズ群が、低倍率、高倍率に応じて着脱、または他のレンズ群に切換えられるコンデンサレンズを使用する場合において、高倍率時のコンデンサレンズの焦点距離をF 1、低倍率時のコンデンサレンズの焦点距離をF 2としたとき、

$$F 1 / F 2 < 0.45 \text{ (条件3)}$$

を満足するように構成するのが好ましい。

このような条件3を満足するように、コンデンサレンズを設計することで、高倍率から低倍率、さらには極低倍率領域まで、2つのコンデンサレンズを切換えることで良好な照明が可能となる。特に、低倍率から極低倍率領域において、対

物レンズの瞳内に形成される開口形状を制御する上述した遮光体によって、照明を自由に変化させて透明な位相標本をコントラスト良く可視化することができる。

次に、本発明の顕微鏡透過照明装置に用いられるコンデンサレンズの好ましい構成例を具体的に説明する。

(構成例 1)

図 3 1 は、高倍率に用いられるコンデンサレンズを示しており、レンズ系は、レンズ群 L 1、L 2 及び L 3 で構成されている。また、開口絞り 7 0、および、コンデンサレンズの瞳位置 P 1 において、図示しない位相差用リングスリット、微分干渉用プリズム、暗視野用リングスリット等の特殊観察用ターゲットディスクを備えている。標本はスライドガラス 7 2 上に載置され、ステージ面に配置されている。上述したように構成された遮光体 7 4 a、7 4 b は、瞳位置 P 1 の近傍に、移動可能に配置されている。

以下にコンデンサレンズの構成を示す。

r_1, r_2, \dots は、光源側から順に配置された各レンズ曲率半径、
 d_1, d_2, \dots は、空気間隔又はガラス材の肉厚、
 nd_1, nd_2, \dots は、各レンズの d 線の屈折率、
 ν_1, ν_2, \dots は、各レンズのアッペ数である。

開口絞り (70) は、第 1 面より光源側に 10.4 の位置にある。

瞳 (P1) は、第 1 面より光源側に 5.40 の位置にある。

$r_1 = 111.02$	$d_1 = 8.77$	$nd_1 = 1.48749$	$\nu_1 = 70.2$
$r_2 = -17.26$	$d_2 = 3.16$	$nd_2 = 1.58921$	$\nu_2 = 41.1$
$r_3 = -59.01$	$d_3 = 0.11$		
$r_4 = 21.59$	$d_4 = 8.69$	$nd_3 = 1.741$	$\nu_3 = 52.7$
$r_5 = -27.78$	$d_5 = 2.3$	$nd_4 = 1.84666$	$\nu_4 = 23.8$
$r_6 = 79.83$	$d_6 = 0.23$		
$r_7 = 8.28$	$d_7 = 6.9$	$nd_5 = 1.741$	$\nu_5 = 52.7$
$r_8 = 12.58$	$d_8 = 3.64$		

$r_9 = \infty$ (ステージ面)

コンデンサレンズの焦点距離 13.28 mm

照明可能な最大開口数 NA_1 0.9

最大の照明範囲に対応する対物レンズの倍率 10 倍

表 1 から 10 倍対物レンズの開口数 NA_2 0.4

$NA_2 / NA_1 = 0.444$ であるので (条件 2) を満足する。

上記したようなコンデンサレンズによれば、低倍側の対物レンズの瞳径に対して、コンデンサレンズの瞳径が十分大きく、標本を照射する暗視野照明を含む偏斜照明成分を確保できる。この結果、開口絞り位置近傍に、対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する遮光体を移動可能に配置することで、透明な位相標本等を可視化し、連続的にコントラストを変化させることができる。また、本発明における照明装置に加えて、前記コンデンサレンズによれば、位相差観察、微分干渉観察および暗視野観察等を行うことができ、多様な観察法に対応できる照明光学系となる。なお、ターゲットディスク内に、遮光体 74 a, 74 b を配置し、移動させる構成でも同様な効果が得られる。

(構成例 2)

図 3 2 は、高倍率に用いられるコンデンサレンズを示しており、レンズ系は、レンズ群 L 1、L 2 及び L 3 で構成されている。また、開口絞り 70、および、コンデンサレンズの瞳位置 P 1 において、図示しない位相差用リングスリット、微分干渉用プリズム、暗視野用リングスリット等の特殊観察用ターゲットディスクを備えている。標本はスライドガラス 72 上に載置され、ステージ面に配置されている。この場合、レンズ L 3 とステージとの間は、油浸用のオイルが満たされている。また、上述したように構成された遮光体 74 a, 74 b は、瞳位置 P 1 の近傍に、移動可能に配置されている。

以下にコンデンサレンズの構成を示す。

r_1, r_2, \dots は、光源側から順に配置された各レンズの曲率半径、

d_1, d_2, \dots は、空気間隔又はガラス材の肉厚

nd1, nd2, …は、各レンズのd線の屈折率、
 ν 1, ν 2, …は、各レンズのアッペ数である。

開口絞り (70) は、第1面より光源側に 5.25 の位置にある。

瞳 (P 1) は、第1面より光源側に 0.25 の位置にある。

r 1 = 43.66	d 1 = 9.0	nd1 = 1.56873	ν 1 = 63.2
r 2 = -21.71	d 2 = 1.9	nd2 = 1.78472	ν 2 = 25.7
r 3 = -61.47	d 3 = 0.3		
r 4 = 12.79	d 4 = 6.4	nd3 = 1.58913	ν 3 = 61.0
r 5 = 24.9	d 5 = 0.3		
r 6 = 7.07	d 6 = 8.0	nd4 = 1.62041	ν 4 = 60.3
r 7 = -34.01	d 7 = 1.1	nd5 = 1.72825	ν 5 = 28.5
r 8 = ∞	d 8 = 0.6	(nd6 = 1.515	ν 6 = 43.1)
r 9 = ∞ (ステージ面)			

コンデンサレンズの焦点距離 10.00 mm

照明可能な最大開口数 NA 1 1.37

最大の照明範囲に対応する対物レンズの倍率 20 倍

表 1 から 20 倍対物レンズの開口数 NA 2 0.7

NA 2 / NA 1 = 0.511 であるので (条件 2) を満足する。

上記したようなコンデンサレンズによれば、低倍側の対物レンズの瞳径に対して、コンデンサレンズの瞳径が十分大きく、標本を照射する暗視野照明を含む偏斜照明成分を確保できる。この結果、開口絞り位置近傍に、対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する遮光体を移動可能に配置することで、透明な位相標本等を可視化し、連続的にコントラストを変化させることができる。また、本発明における照明装置に加えて、前記コンデンサレンズによれば、位相差観察、微分干渉観察および暗視野観察等を行うことができ、多様な観察法に対応できる照明光学系となる。なお、ターレットディスク内に、遮光体 74 a, 74 b を配

置し、移動させる構成でも同様な効果が得られる。

(構成例 3)

図 3 3 は、低倍率に用いられるコンデンサレンズを示しており、対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する遮光体 7 4 a, 7 4 b が移動可能に設けられている。このコンデンサレンズは、レンズ系内に、開口絞り 7 0 と、接合を含む 5 枚のレンズで構成されている。標本はスライドガラス 7 2 上に載置され、ステージ面に配置されている。上記遮光体 7 4 a, 7 4 b は、瞳位置近傍である開口絞り 7 0 の近傍に配置されている。

以下にコンデンサレンズの構成を示す。

r_1, r_2, \dots は、光源側から順に配置された各レンズの曲率半径、
 d_1, d_2, \dots は、空気間隔又はガラス材の肉厚
 nd_1, nd_2, \dots は、各レンズの d 線の屈折率、
 ν_1, ν_2, \dots は、各レンズのアッベ数である。

開口絞り (70) , 瞳 (P 1) は、第 4 面から標本側に 20.0 の位置にある。

$r_1 = 27.892$	$d_1 = 5.3$	$nd_1 = 1.77250$	$\nu_1 = 49.6$
$r_2 = \infty$	$d_2 = 2.34$		
$r_3 = -92.482$	$d_3 = 2.80$	$nd_2 = 1.74077$	$\nu_2 = 27.79$
$r_4 = 92.482$	$d_4 = 48.91$		
$r_5 = -19.919$	$d_5 = 2.45$	$nd_3 = 1.84666$	$\nu_3 = 23.78$
$r_6 = \infty$	$d_6 = 5.55$	$nd_4 = 1.59551$	$\nu_4 = 39.21$
$r_7 = -18.184$	$d_7 = 0.2$		
$r_8 = \infty$	$d_8 = 3.59$	$nd_5 = 1.7725$	$\nu_5 = 49.6$
$r_9 = -34.61$	$d_9 = 3.8$		
$r_{10} = \infty$ (ステージ面)			

コンデンサレンズの焦点距離 74.94 mm

照明可能な最大開口数 NA1 0.16

最大の照明範囲に対応する対物レンズの倍率 1.25 倍

表 1 から 20 倍対物レンズの開口数 NA2 0.04

NA2/NA1=0.25 であるので (条件 2) を満足する。

上記したようなコンデンサレンズによれば、極低倍の対物レンズの瞳径に対して、コンデンサレンズの瞳径が十分大きく、標本を照射する暗視野照明を含む偏斜照明成分を確保できる。この結果、開口絞り位置近傍に、対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する遮光体を移動可能に配置することで、透明な位相標本等を可視化し、連続的にコントラストを変化させることができる。しかも、従来の技術で述べたように、この倍率領域では、位相標本を可視化してコントラストを変化させるような照明が無いので、この構成例によれば、従来にはなかった照明が実現できる。

(構成例 4)

図 3 4 は、開口絞りと標本の間にある少なくとも 1 つのレンズ群が、高倍率と低倍率に応じて切換えて使用されるコンデンサレンズの構成を示している。図 3 4 A が高倍率時に用いられる構成であり、図 3 4 B が低倍率時に用いられる構成である。

高倍率時に用いられるコンデンサレンズは、図 3 1 に示した構成と同一である。そして、低倍率時には、レンズ群 L 2, L 3 が照明光路より移動し、代わりにレンズ群 L 4 が照明光路に挿入される。低倍率時における瞳位置 P 1 近傍に、対物レンズの瞳内に形成される開口を制御する遮光体 7 4 a, 7 4 b が移動可能に配置される。

高倍率時における照明範囲は、10 倍～100 倍に対応しており、低倍率時における照明範囲は、1.25 倍～4 倍に対応する。

以下にコンデンサレンズの構成を示す。

r_1, r_2, \dots は、光源側から順に配置された各レンズの曲率半径、

d_1, d_2, \dots は、空気間隔又はガラス材の肉厚

nd_1, nd_2, \dots は、各レンズの d 線の屈折率、

ν_1, ν_2, \dots は、各レンズのアッベ数である。

(高倍率時 10 倍から 100 倍まで)

開口絞り (70) は、第 1 面より光源側に 10.4 の位置にある。

瞳 (P1) は、第 1 面より光源側に 5.40 の位置にある。

$r_1 = 111.02$	$d_1 = 8.77$	$nd_1 = 1.48749$	$\nu_1 = 70.2$
$r_2 = -17.26$	$d_2 = 3.16$	$nd_2 = 1.58921$	$\nu_2 = 41.1$
$r_3 = -59.01$	$d_3 = 0.11$		
$r_4 = 21.59$	$d_4 = 8.69$	$nd_3 = 1.741$	$\nu_3 = 52.7$
$r_5 = -27.78$	$d_5 = 2.3$	$nd_4 = 1.84666$	$\nu_4 = 23.8$
$r_6 = 79.83$	$d_6 = 0.23$		
$r_7 = 8.28$	$d_7 = 6.9$	$nd_5 = 1.741$	$\nu_5 = 52.7$
$r_8 = 12.58$	$d_8 = 3.64$		
$r_9 = \infty$ (ステージ面)			

(低倍率時 1.25 倍から 4 倍まで)

開口絞り (70) は、第 1 面より光源側に 10.4 の位置にある。

瞳 (P1) は、第 1 面より光源側に 24.3 の位置にある。

$r_1 = 111.02$	$d_1 = 8.77$	$nd_1 = 1.48749$	$\nu_1 = 70.2$
$r_2 = -17.26$	$d_2 = 3.16$	$nd_2 = 1.58921$	$\nu_2 = 41.1$
$r_3 = -59.01$	$d_3 = 11.33$		
$r_4 = \infty$	$d_4 = 6.9$	$nd_3 = 1.51633$	$\nu_3 = 64.1$
$r_5 = -30.0$	$d_5 = 3.64$		

高倍率時のコンデンサレンズの焦点距離 $F1$ 13.29

低倍率時のコンデンサレンズの焦点距離 $F2$ 43.63

$F1/F2 = 0.30$

上記したようなコンデンサレンズによれば、低倍率時の瞳位置近傍に、遮光体

を配置したことで、1.25倍から4倍において、位相標本等を可視化し、コントラストを連続的に変化させることができる。この結果、極低倍から低倍の領域では、上記したような低倍型のコンデンサレンズで位相標本を可視化して観察することができ、高倍率時には、位相差や微分干渉、及び暗視野観察を行うことができる。

(構成例5)

図35は、高倍率と低倍率に応じて切換えて使用されるコンデンサレンズの構成を示している。図35Aが高倍率時に用いられる構成であり、図35Bが低倍率時に用いられる構成である。この場合、高倍率時に用いられるコンデンサレンズは、図31に示した構成と同一であり、低倍率時に用いられるコンデンサレンズは、図33に示した構成と同一である。

以下にコンデンサレンズの構成を示す。

r_1, r_2, \dots は、光源側から順に配置された各レンズの曲率半径、
 d_1, d_2, \dots は、空気間隔又はガラス材の肉厚
 nd_1, nd_2, \dots は、各レンズのd線の屈折率、
 ν_1, ν_2, \dots は、各レンズのアッベ数である。

(高倍率時 10倍から100倍まで)

開口絞り (70) は、第1面より光源側に10.4の位置にある。

瞳 (P1) は、第1面より光源側に5.40の位置にある。

$r_1 = 111.02$	$d_1 = 8.77$	$nd_1 = 1.48749$	$\nu_1 = 70.2$
$r_2 = -17.26$	$d_2 = 3.16$	$nd_2 = 1.58921$	$\nu_2 = 41.1$
$r_3 = -59.01$	$d_3 = 0.11$		
$r_4 = 21.59$	$d_4 = 8.69$	$nd_3 = 1.741$	$\nu_3 = 52.7$
$r_5 = -27.78$	$d_5 = 2.3$	$nd_4 = 1.84666$	$\nu_4 = 23.8$
$r_6 = 79.83$	$d_6 = 0.23$		
$r_7 = 8.28$	$d_7 = 6.9$	$nd_5 = 1.741$	$\nu_5 = 52.7$
$r_8 = 12.58$	$d_8 = 3.64$		

$r_9 = \infty$ (ステージ面)

(低倍率時 1.25 倍から 4 倍まで)

開口絞り (70) , 瞳 (P 1) は、第 4 面から標本側に 20.0 の位置にある。

$r_1 = 27.892$ $d_1 = 5.3$ $nd_1 = 1.77250$ $v_1 = 49.6$

$r_2 = \infty$ $d_2 = 2.34$

$r_3 = -92.482$ $d_3 = 2.80$ $nd_2 = 1.74077$ $v_2 = 27.79$

$r_4 = 92.482$ $d_4 = 48.91$

$r_5 = -19.919$ $d_5 = 2.45$ $nd_3 = 1.84666$ $v_3 = 23.78$

$r_6 = \infty$ $d_6 = 5.55$ $nd_4 = 1.59551$ $v_4 = 39.21$

$r_7 = -18.184$ $d_7 = 0.2$

$r_8 = \infty$ $d_8 = 3.59$ $nd_5 = 1.7725$ $v = 49.6$

$r_9 = -34.61$ $d_9 = 3.8$

$r_{10} = \infty$ (ステージ面)

コンデンサレンズの焦点距離 74.94 mm

高倍率時のコンデンサレンズの焦点距離 F1 13.29

低倍率時のコンデンサレンズの焦点距離 F2 74.94

$F1/F2 = 0.18$

上記したようなコンデンサレンズによれば、低倍率時の瞳位置近傍に、遮光体を配置したことで、1.25 倍から 4 倍において、位相標本等を可視化し、コントラストを連続的に変化させることができる。また、高倍率時のコンデンサレンズは、位相差観察、微分干渉観察をするための光学素子をコンデンサレンズの瞳位置に配置することで、そのような観察が可能となる。

この結果、極低倍から低倍の領域では、上記したような低倍型のコンデンサレンズで位相標本を可視化して観察することができ、高倍率時では、位相差観察、微分干渉観察、及び暗視野観察等を行うことができ、多様な観察法に対応できる照明光学系となる。また、低倍率時に配置される遮光体 74 a, 74 b の位置と、

高倍率時のコンデンサレンズの瞳位置が近いため、高倍率時のコンデンサレンズでも、遮光体 74 a, 74 b を使用して、対物レンズの瞳内に形成される開口を制御することができる。

以上のような透過照明光学系は、図示しない落射蛍光顕微鏡と組み合わせて使用することも可能である。位相差観察用対物レンズのように、対物レンズの瞳位置に位相膜を配置する必要がないので、対物レンズにロスが無く、蛍光を明るく観察することができる。蛍光染色された透明な位相標本においては、上述したような透過照明系を用いて、コントラスト良く可視化し、落射蛍光照明によって蛍光染色された細胞等を観察することができる。

次に、図 36 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。図 36 は、実体顕微鏡における透過照明光学系の概略構成を示す図である。

透過照明光学系は、ハロゲンランプ等の光源 80 の光を略平行光束にするコレクターレンズ等の平行光束部材 82 と、平行光束部材 82 からの光束を拡散させる摺りガラス等の第 1 の拡散板 83 と、第 1 の拡散板 83 からの拡散光線を集光する凸レンズ等の第 1 の集光部材 85 と、第 1 の集光部材 85 からの光を拡散する摺りガラス等の第 2 の拡散板 86 と、第 2 の拡散板 86 からの光を上方向に偏向する偏向ミラー 87 と、偏向ミラー 87 からの光を集光して標本載置ガラス 89 上の標本 90 に照射する、凸レンズ等の第 2 の集光部材 88 とを具備している。

前記第 2 の拡散板 86 と偏向ミラー 87 との間には、第 1 の補助凸レンズ 91 が光路から挿脱可能に配置され、ミラー 87 と第 2 の集光部材 88 との間には、第 2 の補助凸レンズ 92 が挿脱可能に配置されている。第 2 の集光部材 88 と第 2 の補助凸レンズ 92 との間には、上述した実施の形態の遮光体と同様に構成された第 1 及び第 2 の遮光体 95 a, 95 b が移動可能に配置されている。さらに、第 2 の拡散部材 86 と第 2 の補助凸レンズ 91 との間には、同様な構成の遮光体 95 c, 95 d が移動可能に配置されている。

上記構成によれば、光源 80 から出射した光は、平行光束部材 82 で効率よく集光されて略平行光線にされ、第 1 の拡散板 83 に入射する。第 1 の拡散板 83 は照明視野を満たすために大きな面積の略均一な光源としての役割を持つ。第 1 の拡散板 83 で拡散された光は、第 1 の集光部材 85 によって集光される。第 1

の集光部材 8 5 は第 1 の拡散板 8 5 で発散方向に拡散された光を照明に有効な収束方向に集める役目を持つ。

第 2 の拡散板 8 6 に入射した光は、さらにその収束方向に沿って拡散される。第 2 の拡散板 8 6 は開口数を満たすための光の拡散を行い、最終的な光源となる。第 2 の拡散板 8 6 で拡散された光は、偏向ミラー 8 7 によって上方に偏向され、第 2 の集光部材 8 8 に入射し、標本載置透明部材 8 9 を通して標本 9 0 を照明する。

第 2 の拡散板 8 6 と偏向ミラー 8 7 との間に挿入される第 1 の補助凸レンズ 9 1 は、照明視野が狭く開口数が大きくなる高倍率対物レンズのために、光の収束を強め、光の利用効率を上げる役目を果たす。また、偏向ミラー 8 7 と第 2 の集光部材 8 8 との間に挿入される第 2 の補助凸レンズ 9 2 は、第 2 の集光部材 8 8 と併せて凸レンズのパワーを上げることで、照明視野を狭め角度の大きい光で標本 9 0 を照明する役目を果たす。すなわち、照明光学系が、対物レンズの倍率に応じて切り換えられるため、最適な照明条件で観察できる。

高倍率の対物レンズは焦点距離が短く、照明装置内の瞳共役位置は、第 2 の集光部材 8 8 に限りなく近づき、また、低倍率の対物レンズの場合は、そこから離れ、偏向ミラー 8 7 で光軸を折り返す位置の手前に瞳共役位置が存在することが通例である。従って、それらの位置に、遮光体 9 5 a, 9 5 b、及び 9 5 c, 9 5 d を各々配置し、各遮光体を独立して光軸に対して挿脱を行うことで明るさ絞りを形成でき、さらに、各遮光体を光軸から任意にずらすことで、偏斜照明が可能になる。

なお、上述した遮光体 9 5 a, 9 5 b (9 5 c, 9 5 d) は、図 1 3 乃至図 1 6 に示した駆動機構によって移動可能となっており、遮光体によって、左右の対物レンズの瞳は、図 1 2 B ~ 1 2 D、図 2 1 ~ 図 2 6 に示したように、共に上下方向から均等に絞られる。左右の瞳が均等に絞られるため、左右の像の見え方は均等となり、実体顕微鏡の特徴である左右の視差で自然に立体感が得られる。また、前記実施の形態と同様、遮光体を移動することで、対物レンズやの瞳に入射する直接光と、回折光の割合を制御することができ、コントラストを強調したり、連続的に変化させることができる。すなわち、微細構造を持つ標本に対して非常

に細やかなコントラスト調整が可能になり、今まで観察不可能であったものが観察できるようになる。また、高倍率と低倍率に適した位置に絞りを配置したので、高倍率から低倍率まで、偏斜照明を行うことができる。また、低倍率から高倍率への切り換えは、レンズ 9 1, 9 2 の付加によって実現できるため構造が簡単になり、安価に構成できる。さらに、拡散板を二つ配置し、各々の役割を明確にしたので、光学系の最適設計を行い易く、効率が良くなり、不必要に拡散効果が大きい拡散板を用いなくても済む。

図 3 7 は、図 3 6 に示した構成の変形例を示す。この変形例において、図 3 6 に示した構成との相違点は、偏向ミラー 8 7 を回動可能に構成し、かつ、低倍率側の遮光体 9 5 c, 9 5 d を取除いた点である。

これは、微細構造を観察する場合、主に解像の関係から、高倍率で観察が行える、という要求が高いことに基づく。なお、低倍率での観察は、回動する偏向ミラー 8 7 a によって、十分な照明効果（偏斜照明）で大きい視野を従来通りのコントラストで得られる。このように、高倍率での偏斜照明を遮光体 9 5 a, 9 5 b で行い、低倍率での偏斜照明を偏向ミラー 8 7 a で行うことにより、コストの低下が図れる。また、瞳位置の共役関係が不十分な中倍率での偏斜照明も偏向ミラー 8 7 a で行えるため、使い勝手が良い。

なお、図 3 6、図 3 7 に示した実施の形態における照明系は、偏斜照明において、高倍率、低倍率で照明視野の充足と、開口数（瞳）の充足を行うための一例である。したがって、公知の明視野照明装置の瞳位置に、上記したような遮光体を配置しても、十分に偏斜照明が行える。但し、偏斜照明を行うにあたり、その汎用性、効果を十分に発揮するためには、上記の照明系もしくはそれ以上の広い照明視野と、大きな開口数を持った光学系と組み合わせることが好ましい。

また、図に示した照明光学系において、第 1, 第 2 の拡散板 8 3, 8 6 を一体化し、第 1 の集光部材 8 5 をなくして第 1, 第 2 の拡散板各々にレンズ効果を分配することも可能である。また、第 1, 第 2 の補助凸レンズ 9 1, 9 2 を挿入する代りに、第 1, 第 2 の集光部材 8 5, 8 8 の焦点距離を変えることも可能であり、補助凸レンズを挿入する位置も変更することが可能である。

また、図 3 6、図 3 7 に示した実施の形態において、以下のように変形するこ

とが可能である。

ズーム実体顕微鏡の高倍率の瞳位置、および低倍率の瞳位置と各々共役な2個所に、少なくとも2つの遮光体を移動可能に配置する。このような構成によれば、高倍率と低倍率で、最適な偏斜照明を実現できる。

図に示す光学系に、光源からの出射光軸を上方に偏向する他の偏向部材を設け、この偏向部材を傾けて照明光線を偏斜させるように構成する。このように他の偏向部材の偏斜を組み合わせることで、偏斜照明の範囲が広がる。

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。

図38Aは、実体顕微鏡の透過照明架台内に配置された透過照明光学装置を示す側面図である。なお、実体顕微鏡は、図6に示したような構成であるため、その全体形状については図示しない。

この実施の形態の透過照明光学装置は、後述する光学系切換機構により、明視野光学系と暗視野光学系とが切換可能に構成されており、図38Aは、明視野光学系を示している。

筐体300内には、ハロゲンランプ等による光源401が設けられている。光源401から射出された光は、コレクタレンズ402によって略平行光束にされた後、偏光部材（偏向ミラー）406により偏向され、筐体300の上面301に形成された開口部301aに設けられている試料載置ガラス（標本載置ガラス）408上に配置される試料309を照明する。この場合、コレクタレンズ402は、光源401の出射光軸が、水平方向に対して斜め下方に5度から10度程度（本実施の形態では6度）傾くように配設されている。

光源401と偏向部材406との間の光軸上には、後述するフィルタ挿脱機構によって光軸に対して挿脱可能なフィルタ410、411、412と、拡散板415と、円形レンズの上下を切除した略楕円形状（図38B参照）の凸レンズ420が配設されている。また、偏向部材406と試料載置ガラス408の間には、フレネル面407a及び拡散面407bを有する凸レンズ407が配設されている。

上記した構成において、明視野光学系として切換可能な部分は、偏向部材406、凸レンズ407、及び拡散板415とされている。

図39Aは、暗視野光学系を示している。暗視野光学系は、前記光源401から射出された光を上方に向けて偏向する第2偏向部材430と、偏向後の光を試料309に対して斜めに照射する遮光部材435とを有している。遮光部材435は、第2偏向部材によって反射された光を、光軸を中心として外周方向に向けて反射するように、上方に開いた円錐状の反射ミラー436と、反射ミラー436の底面部に取着された円形遮光板437と、反射ミラー436から反射された光を、試料309に対して斜めに入射するように反射する円筒状の反射ミラー438とを備えている。この構成により、第2偏向部材430によって上方に偏向された光は、円形遮光板437によって遮光されると共に、反射ミラー436、438によって大きな開口角の輪帯照明を作り、試料載置ガラス408を通して試料309を暗視野照明する。

なお、上記した第2偏向部材430と遮光部材435は、例えば樹脂によって一体的に成形することが可能であり、その場合、光を反射する部分に、上記したミラーを取着したり、あるいは光を反射するアルミ蒸着を施しておけば良い。

上記した構成において、暗視野光学系として切換可能な部分は、第2偏向部材430と、遮光部材435とされている。

次に、図38A、図39A、図40を参照して、上記した明視野光学系と暗視野光学系を切換える光学系切換機構について説明する。図40は、図38Aおよび図39Aにおいて、筐体の底板302を取り除きA方向から見た光学系切換機構を示す図である。図において、符号440、450は、それぞれ明視野光学系、暗視野光学系を示している。

明視野光学系440は、前述したように拡散部材415と、偏向部材406と、凸レンズ407とを備えており、これらは基端部において、環状の装着部460aを有した明視野側支持部材460に一体に連結されている。また、暗視野光学系450は、前述したように第2偏向部材430と、遮光部材435とを備えており、これらは基端部において、環状の装着部463aを有した暗視野側支持部材463に一体に連結されている。

光源401とは反対側の筐体300の上面301には、円柱状の軸470が垂直に固定されている。この軸470には、明視野側支持部材460の装着部46

0 a、および暗視野側支持部材 4 6 3 の装着部 4 6 3 a が回転可能に挿入されている。さらに、軸 4 7 0 には、操作用のレバー 4 8 0 の基端部に形成された環状の装着部 4 8 0 a が回転可能に設けられており、この装着部 4 8 0 a には、図示しない固定部により、前記各装着部 4 6 0 a、4 6 3 a が固定されている。レバー 4 8 0 の先端は把持部 4 8 0 b を形成しており、この把持部は筐体 3 0 0 の側面 3 0 3 に形成されたレバー駆動用の長孔 3 0 3 b から突出している。

この結果、レバー 4 8 0 の把持部 4 8 0 b を、長孔 3 0 3 b に沿って移動することにより、光軸に明視野光学系 4 4 0 が位置したり、あるいは暗視野光学系 4 5 0 が位置するように切換操作が行われる（図 4 0 に示した状態は、暗視野光学系が光軸に位置している状態を示す）。

次に、図 3 8 A 及び図 4 1 を参照して、上述したフィルタ 4 1 0、4 1 1、4 1 2 の挿脱機構を説明する。この場合、各フィルタは、水平方向に移動して、光軸から外れるように構成される。

図 4 1 は、図 3 8 A において、筐体の底板 3 0 2 を取り除き B 方向から見た図である。フィルタ 4 1 0、4 1 1、4 1 2 は、上記したように定められる光軸（6 度下方に向かう）に対して直交するように配置される。各フィルタは、それぞれ支持腕 5 1 0、5 1 1、5 1 2 の一端部に支持され、各支持腕の他端部は、筐体 3 0 0 の上面に固定された 3 つの垂直軸 5 2 0、5 2 1、5 2 2 に回動可能に支持されている。

筐体 3 0 0 には、各支持腕 5 1 0、5 1 1、5 1 2 に対応して所定のストロークだけ出し入れ可能に 3 つの操作軸 5 3 0～5 3 2 がそれぞれ設けられ、各操作軸の一端部には、それぞれピンが固定されている。（図では、操作軸 5 3 2 のピン 5 3 2 a のみが示されている）。各ピンは、各支持腕 5 1 0、5 1 1、5 1 2 に形成されている長孔（図では、支持腕 5 1 2 の長孔 5 1 2 a のみが示されている）にそれぞれ挿通されている。この結果、操作軸 5 3 2 を、2 点鎖線の位置まで引き出すと、ピン 5 3 2 a は長孔 5 1 2 a に沿って移動しながら、支持腕 5 1 2 を垂直軸 5 2 2 を中心に回動させ、フィルタ 4 1 2 は 2 点鎖線位置、すなわち光軸から外れた位置に移動する。逆に、この位置から操作軸 5 3 2 を実線位置に戻すと、フィルタ 4 1 2 は、実線で示すように、光軸と一致する位置に移動する。

このような挿脱操作は、他のフィルタ 410, 411 でも、各操作軸 530, 531 の出し入れによって同様に行うことができる。

以上のように構成された透過照明光学装置によれば、光源から試料に至るまでの光路が長く、特に、水平方向での光路を長く取れるため、試料を載せるステージの上面から筐体の底面までの高さを高くすること無く上記したフィルタのような光学素子を配置することができる。特に、各フィルタは、水平面内で回転し、光軸に出し入れされるように構成されているため、筐体が高くなることはない。すなわち、上記したフィルタ 410, 411, 412 は、水平方向に光軸から回転待避するため、高さ方向での位置変化がなく、筐体を不必要に高くする必要が無い。また、各フィルタは、それぞれ上述したようなリンク機構によって各操作軸 530, 531, 532 に接続されているため、各フィルタの光軸に対する挿脱は、僅かな操作量（操作軸の引き出し操作量）で行える。

上記した構成において、拡散部材 415 は照明視野を決定することに大きく寄与し、拡散度合いを強めると広い照明視野を、拡散度合いを弱めると狭い照明視野をカバーできる。このように、拡散部材を挿脱することで、視野の範囲をコントロールでき、狭い視野のときに明るく照明できる。また、略楕円形凸レンズ 420 は、図 38B、図 39B に示すように、上下方向の円周部をカットした形状となっている。これは、実体顕微鏡において試料を観察する際、左右方向の照明は充分である必要があり、開口数を大きくするために大きな径のレンズが必要であるが、前後方向の照明については、それほどの径は必要とされないからである。すなわち、レンズの上下方向の径を小さくしても、上記左右方向の照明は十分に確保できる、という理由に基づく。このように、上下方向の円周部をカットした略楕円形凸レンズ 420 によれば、上下方向に小さい光学系が組める。なお、このようなレンズは、樹脂成形することが可能である。

上記した偏向部材 406 は、水平方向に対して 6 度傾いた光軸を垂直に偏向するため、入射と出射が 84 度、つまりミラー面法線に対して図 42B に示すように、入射光を 42 度で反射する様に配置できる。必要光束の直径が $\phi 40$ であった場合、図 42A に示すように、通常の 45 度の反射に比べて、高さは $40 - 40 \times \tan 42^\circ = 4$ となり、装置の高さを 4 mm 薄くできる。

また、上記フィルタ 4 1 0 に別途拡散板を入れて、フィルタ 4 1 0 と共に光軸に挿脱させることで、明視野光学系における拡散板 4 1 5 の拡散度合いを変化させることができ、照明視野をコントロールできる。また、凸レンズ 4 0 7 をフレネルレンズとすることで、大きいレンズであってもレンズの厚さを薄く構成でき、拡散板 4 1 5 の拡散を強めて大きな発散光が作れる。この場合、光は、フレネル面 4 0 7 a で収斂方向に曲げられて拡散面 4 0 7 b を通過することで、通常の実体顕微鏡装置の照明視野が $\phi 35$ 程度であるのに対し、 $\phi 60$ から $\phi 70$ の照明視野を確保できる。すなわち、略 4 倍の面積を照明可能にすることができる。

これに対して、暗視野光学系では、拡散部材 4 1 5 は光路から抜かれており、拡散されていない光は凸レンズ 4 2 0 によって収斂され、第 2 偏向部材 4 3 0、及び遮光部材 4 3 5 を介して、標本 3 0 9 に対して斜光照明を実現する。この場合、円形遮光板 4 3 7 は下方からの漏れ光を遮光し、暗視野の背景を暗くする。

また、明視野光学系と暗視野光学系のいずれかに切換えても、明視野光学系と暗視野光学系は、共にコレクタレンズ 4 0 2 で採り込んだ光を無駄なくすべて使うことができるため、効率よく明るい均一な照明が可能である。暗視野の照明系を含みながら照明光路を長くでき、広い視野をムラを少なく照明することが可能である。また、明視野の最終面に、拡散面 4 0 7 b を設けたことで、非常に大きな視野が照明可能となる。

さらに、光軸を所定の角度傾けたことにより、複数枚のフィルタ 4 1 0、4 1 1、4 1 2 は光軸方向で高さ位置が異なるように配置される。このため、各支持腕は、光軸方向で重なるように配置することができ、複数枚のフィルタをコンパクトに支持することができる。

なお、各フィルタの挿脱機構は、図 4 1 に示したように回転させる方式以外にも、例えば、スライドさせる方式であっても良い。すなわち、図 4 3 A、図 4 3 B に示すように、フィルタ 4 1 0 を操作板 5 5 0 の一端部に保持し、他端部を筐体の上面 3 0 1 から突出させ、この他端部を把持し、ストローク L の範囲で操作する構造であっても良い。

以上のような透過照明光学装置によれば、次のような効果が得られる。

(1) 試料を照明できる視野を狭くすること無く、筐体の高さ、すなわち試料載

置面から底面までの寸法を薄く構成できる。

(2) 実際に透過照明光学装置を有する顕微鏡を設計するに当たって、試料を載置する透明部材の上面を広く、しかも薄く構成できる。

(3) フィルタ 4 1 0 ~ 4 1 2 を組み込んでいるため、試料 3 0 9 を動かさないので照明を変化させることができ、しかも、そのようなフィルタは装置の厚さに影響することはない。

(4) 暗視野照明系においては、光源 4 0 1 から発する光束を無駄無く使うことができ、明るく照明できる。明視野光学系においては、光路を長く設計することができるので、無理なく、ムラの少ない広い照明視野を得ることができる。また、各々の光学系を 1 つのレバー 4 8 0 で切替えるようにしたため、試料によって明視野光学系と暗視野光学系の好ましい照明法を容易に選べる。この場合、暗視野観察時は明るく、明視野観察時はムラなく照明できる。

(5) 各光学系は、水平方向に回転して切替える構成であるため、装置の厚みを薄く構成できる。

(6) フレネルレンズ 4 0 7 の採用、及び凸レンズ 4 2 0 の構成により、光学装置を薄く構成できる。

(7) 拡散板を用いて拡散角度を大きくすることで、大きな視野を照明する場合に周辺光量不足を回避できる。

次に、図 4 4 ~ 図 4 6 を参照して上記した第 3 の実施の形態の変形例を説明する。なお、この変形例において、上記した実施の形態と同一の部分については、同一の参照符号を付して、その説明を省略する。

この変形例における暗視野光学系は、図 3 9 A に示した構成と同一であり、明視野光学系が図 4 4 A に示すように構成されている。また、この変形例では、光軸が水平方向に対して 1 0 度傾くように構成されている。

図に示すように、明視野光学系は、凸レンズ 4 2 0 の後方に、第 2 拡散板 5 7 0 を配置すると共に、偏向部材 4 0 6 で偏向された光を、凸レンズ 5 8 0 で集光するように構成されている。なお、第 1 拡散板 4 1 5、第 2 拡散板 5 7 0、偏向部材 4 0 6、凸レンズ 5 8 0 は、切替機構により、一体的に回転するように構成されている。

また、この変形例のフィルタ挿脱機構は、図46で示すように構成されている。各フィルタ410、411、412は、10度傾いた光軸に対して垂直に配置され、かつ夫々高さ位置が異なるように配置される。各フィルタは、支持腕510、511、512の一端部に支持され、各支持腕の他端部は、筐体300の上面に固定された3つの垂直軸520、521、522に回転可能に支持されている。また、筐体300には、外部から回転操作できるように、回転つまみ730、731、732がそれぞれ回転可能に取付けられており、各回転つまみと、垂直軸520、521、522との間は、リング状のベルト750で連結されている。そして、各回転つまみを回転操作することにより、各フィルタ410、411、412は、2点鎖線位置または実線位置に切換可能となっている。

上記した構成によれば、偏向部材406は、水平方向に対して10度傾いた光軸を垂直に偏向するため、入射と出射が80度、つまりミラー面法線に対して、入射光を40度で反射する様に配置できる。必要光束の直径が $\phi 40$ であった場合、通常の45度の反射に比べて、高さは $40 - 40 \times \tan 40^\circ = 6.4$ となり、装置の高さを6.4mm薄くできる。

なお、以上説明した構成によれば、光源401の出射光軸の傾き角度が、6度と10度の場合について説明したが、実験結果によれば、5度から10度程度であれば、上述したような作用効果が得られる。この場合、光源401からの出射光軸の傾き角度が小さすぎると、薄型化の効果がなくなり、光源401からの出射光軸の傾き角度が大きすぎると、照明光束が試料載置透明部材の上面より高い位置に出てしまい、試料載置透明部材を制限する。

また、上述した暗視野光学系のミラー436、438は、それぞれ、図に示した円錐形状、円筒形状以外の曲線部等で集光、発散を行っても良く、各ミラー436、438は金属で加工しても構わない。

さらに、明視野光学系は、前述した実施形態に限らず、他の光学部材と任意に組み合わせることができ、拡散部材の切換は、上記した光学系の切換機構によらず、例えば、上記したフィルタの挿脱機構のような構成で、光軸に対して独自に挿脱される構成であっても良い。また、図46のフィルタの挿脱機構のベルト750の代りにギアを用いても構わない。また、一体に構成した拡散面を持ったフ

レネルレンズ４０７は、厚みが大きくなることを許容すれば、図４４Ａのように通常のレンズ５８０で構成することができ、その場合、拡散板５７０が拡散面４０７ｂと同様な機能を果たす。

請 求 の 範 囲

1. 光源と、この光源から発した光を集光し標本を照明するためのコンデンサレンズとを具備した透過照明光学系と；標本を観察するための対物レンズを含む観察光学系と；を有する顕微鏡に用いられる透過照明装置であり、

前記透過照明光学系内には、前記対物レンズの瞳位置と共役位置又は共役近傍な位置に、前記対物レンズの瞳内に形成される開口の形状を制御する少なくとも2つの遮光体を配置したことを特徴とする。

2. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置は、前記対物レンズの瞳内に形成される開口の光強度を部分的に制御する光学部材を、前記遮光体の配置された位置、もしくはこの近傍位置に少なくとも1つ有することを特徴とする。

3. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置において、前記コンデンサレンズは開口絞りを有し、前記遮光体をこの開口絞り位置近傍に配置したことを特徴とする。

4. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置において、前記対物レンズの瞳の面積を $D1$ 、前記遮光体によって形成された前記対物レンズの瞳内に形成される開口部分の面積を $D2$ とした場合、 $D2/D1 \leq 0.5$ を満足することを特徴とする。

5. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置において、前記コンデンサレンズの照明可能な最大の開口数を $NA1$ 、前記コンデンサレンズの最大の照明範囲を観察可能な対物レンズの開口数を $NA2$ とした場合、 $NA2/NA1 < 0.6$ を満足することを特徴とする。

6. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置において、前記コンデンサレンズは、開口絞りを有すると共に、この開口絞りと標本との間にある少なくとも1つのレ

レンズ群が、低倍率と高倍率に応じて着脱、又は切換え可能に構成されており、前記遮光体は、低倍率時のコンデンサレンズの瞳位置、もしくはその瞳位置の近傍に配置されることを特徴とする。

7. 請求項6に記載の顕微鏡透過照明装置において、前記コンデンサレンズの高倍率側の焦点距離を F_1 、低倍率側の焦点距離を F_2 とした場合、 $F_1/F_2 < 0.45$ を満足することを特徴とする。

8. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置は、前記少なくとも2つの遮光体を、夫々独立移動させる駆動機構を有する。

9. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置は、前記少なくとも2つの遮光体を、連動して移動させる駆動機構を有する。

10. 請求項1に記載の顕微鏡透過照明装置は、左右に対物レンズを有する実体顕微鏡に用いられ、

前記少なくとも2つの遮光体は、左右の対物レンズの光軸を含む平面と平行な方向に対して直交する前後方向で、前記各対物レンズの瞳の開口形状の制御を行う。

11. 請求項10に記載の顕微鏡透過照明装置は、前記少なくとも2つの遮光体を、夫々独立移動させる駆動機構を有する。

12. 光源と、この光源から発した光を集光し標本を照明するためのコンデンサレンズとを具備した透過照明光学系と；標本を観察するための対物レンズを含む観察光学系と；を有する顕微鏡に用いられる透過照明装置であり、

前記透過照明光学系は、前記光源からの出射光軸が水平方向に対して斜め下方に傾くように配設されており、前記出射光軸を上方に偏向して前記標本を照明する偏向部材を有することを特徴とする。

13. 請求項12に記載された透過照明装置において、前記射出光軸の水平方向に対して下方に向けて傾く角度は5度～10度の範囲である。

14. 透過照明架台内に配設された光源と、

この光源の射出光軸に対して挿脱可能で前記光源からの光を拡散する拡散部材と、

前記拡散部材で拡散された光を上方に向けて偏向する第1の偏向部材と、第1の偏向部材によって偏向された光の光軸上に配置され前記透過照明架台上の試料に前記光源からの光を集光させる集光部材とを有する明視野光学系と、

前記光源の射出光軸を上方に向けて偏向する第2の偏向部材と、第2の偏向部材によって偏向された光を、その光軸に対して外周方向に向けて反射する第1の反射部材と、第1の反射部材による反射光をさらに反射し、前記透過照明架台上の試料に光源からの光を照射させる第2の反射部材とを有する暗視野光学系と、

前記透過照明架台に取付けられ、前記明視野光学系と前記暗視野光学系を切換可能な光学系切換機構と、

を具備したことを特徴とする微鏡透過照明装置。

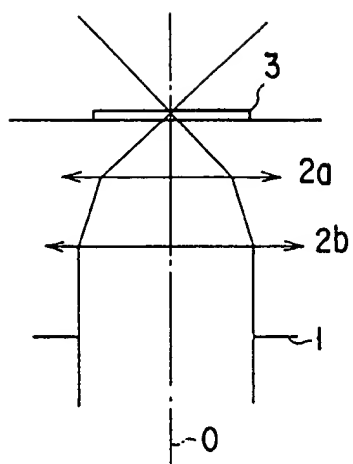
15. 請求項14に記載された顕微鏡透過照明装置において、前記拡散部材は、前記明視野光学系と一体化されており、前記光学系切換機構によって明視野光学系と一体的に切換えられることを特徴とする。

16. 請求項14に記載された顕微鏡透過照明装置において、前記明視野光学系及び暗視野光学系は、前記光源からの射出光軸が水平方向に対して斜め下方に傾くように配設されていることを特徴とする。

17. 請求項16に記載された顕微鏡透過照明装置において、前記光源と、前記第1の偏向部材又は前記第2の偏向部材との間には、光軸から挿脱されるフィルタが配置されることを特徴とする。

18. 請求項17に記載された顕微鏡透過照明装置において、前記フィルタを水平方向に沿って回動させ、フィルタを光軸から外すフィルタ挿脱機構を有することを特徴とする。

1/31



瞳

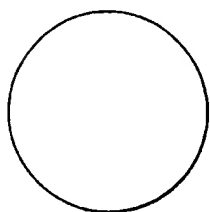
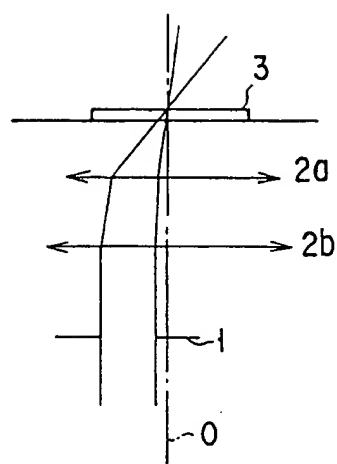


FIG. 1A (従来技術)



瞳

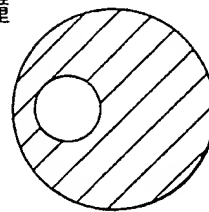
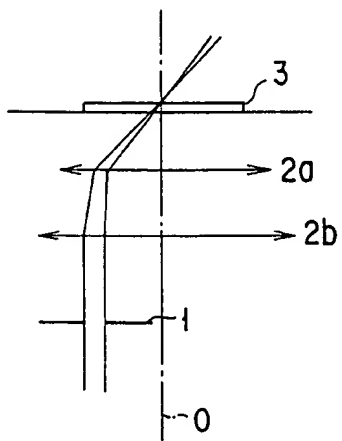


FIG. 1B (従来技術)



瞳

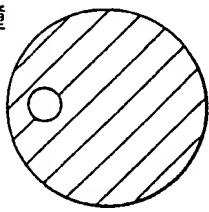
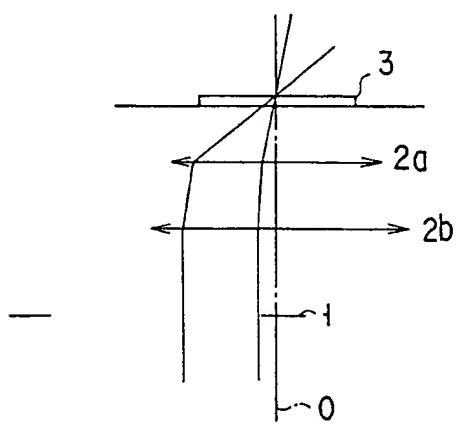


FIG. 1C (従来技術)



瞳

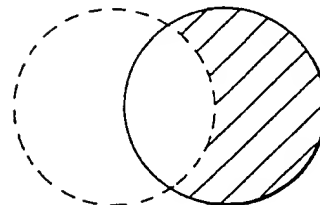


FIG. 1D (従来技術)

2/31

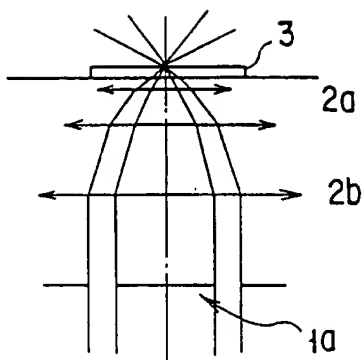


FIG. 2A (従来技術)

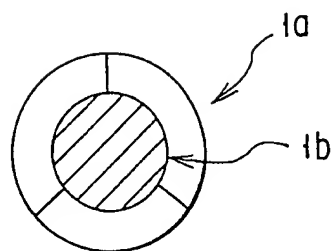


FIG. 2B (従来技術)

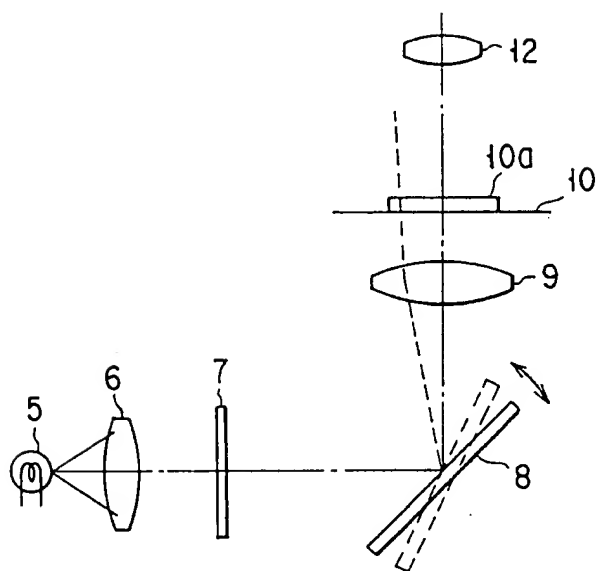


FIG. 3A (従来技術)

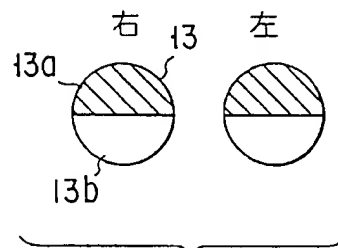


FIG. 3B

(従来技術)

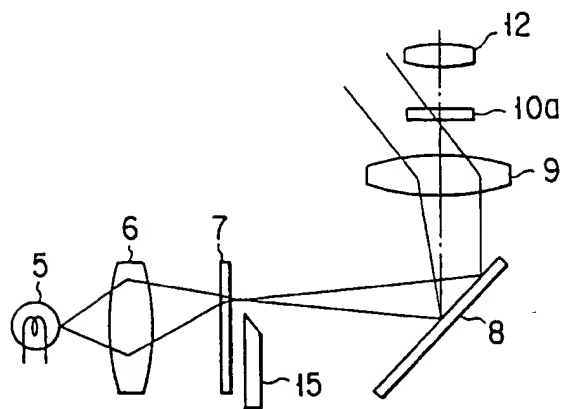


FIG. 4A (従来技術)

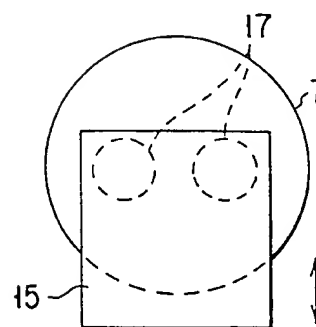


FIG. 4B

(従来技術)

3/31

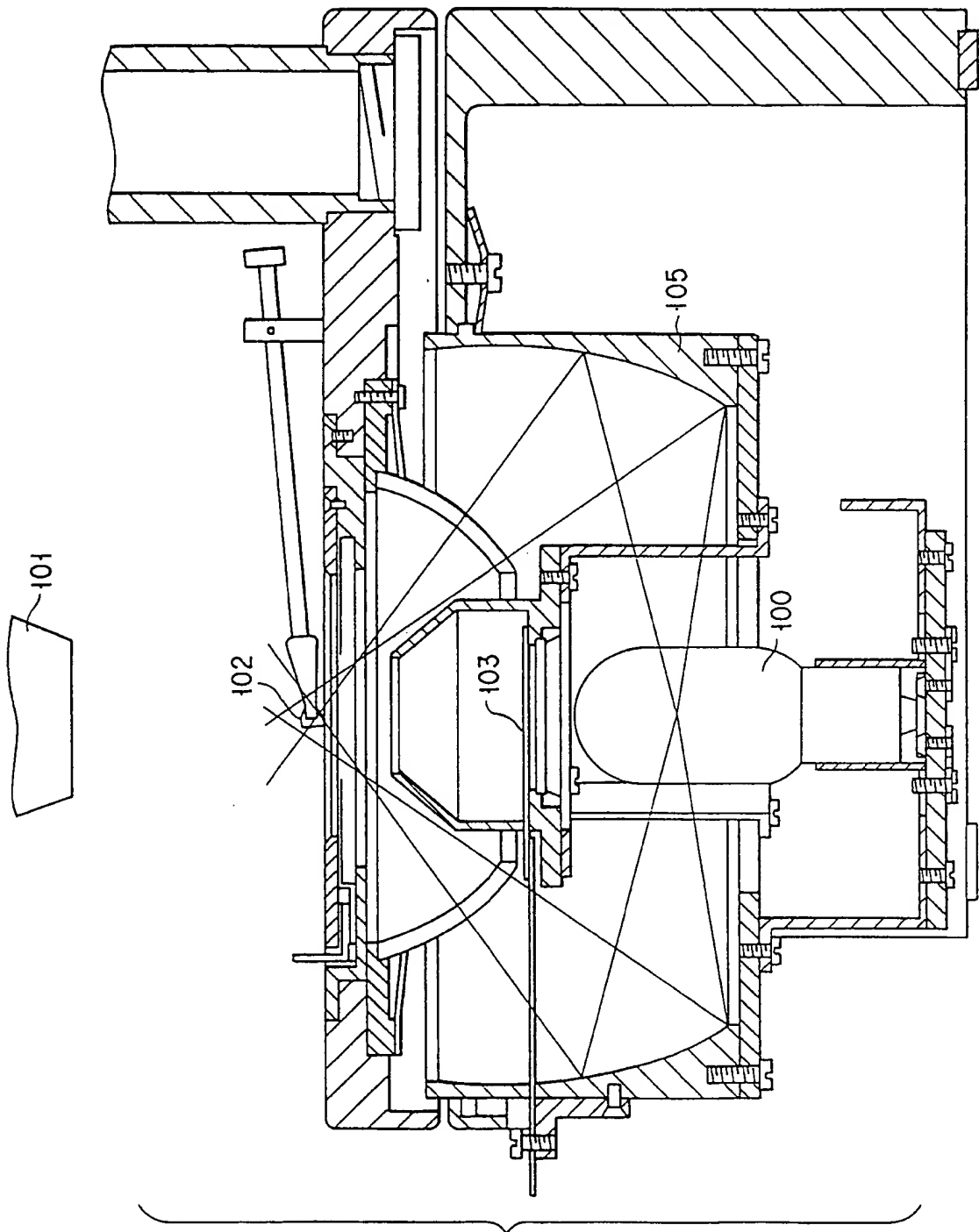


FIG. 5
(従来技術)

4/31

200

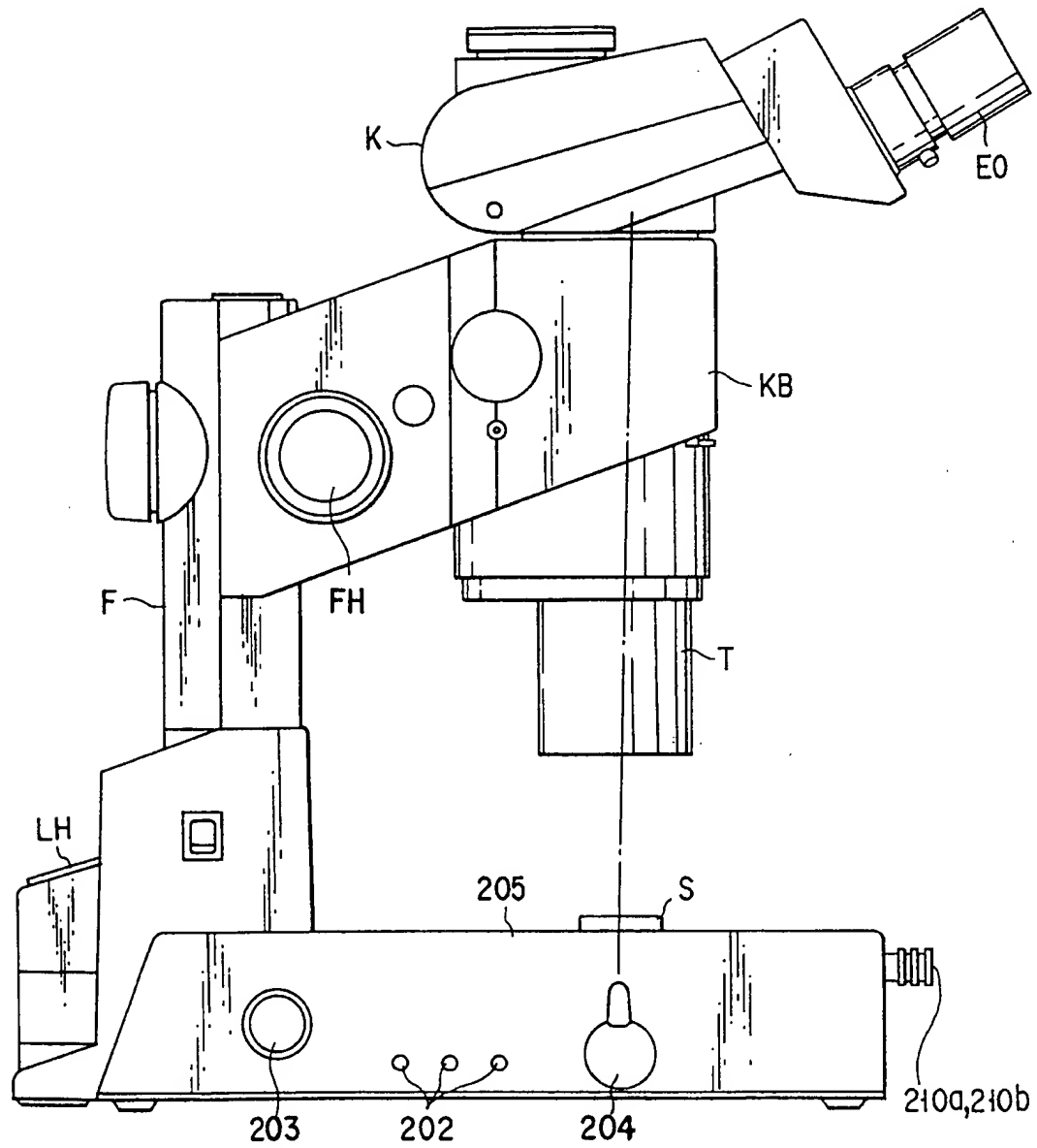


FIG. 6

5/31

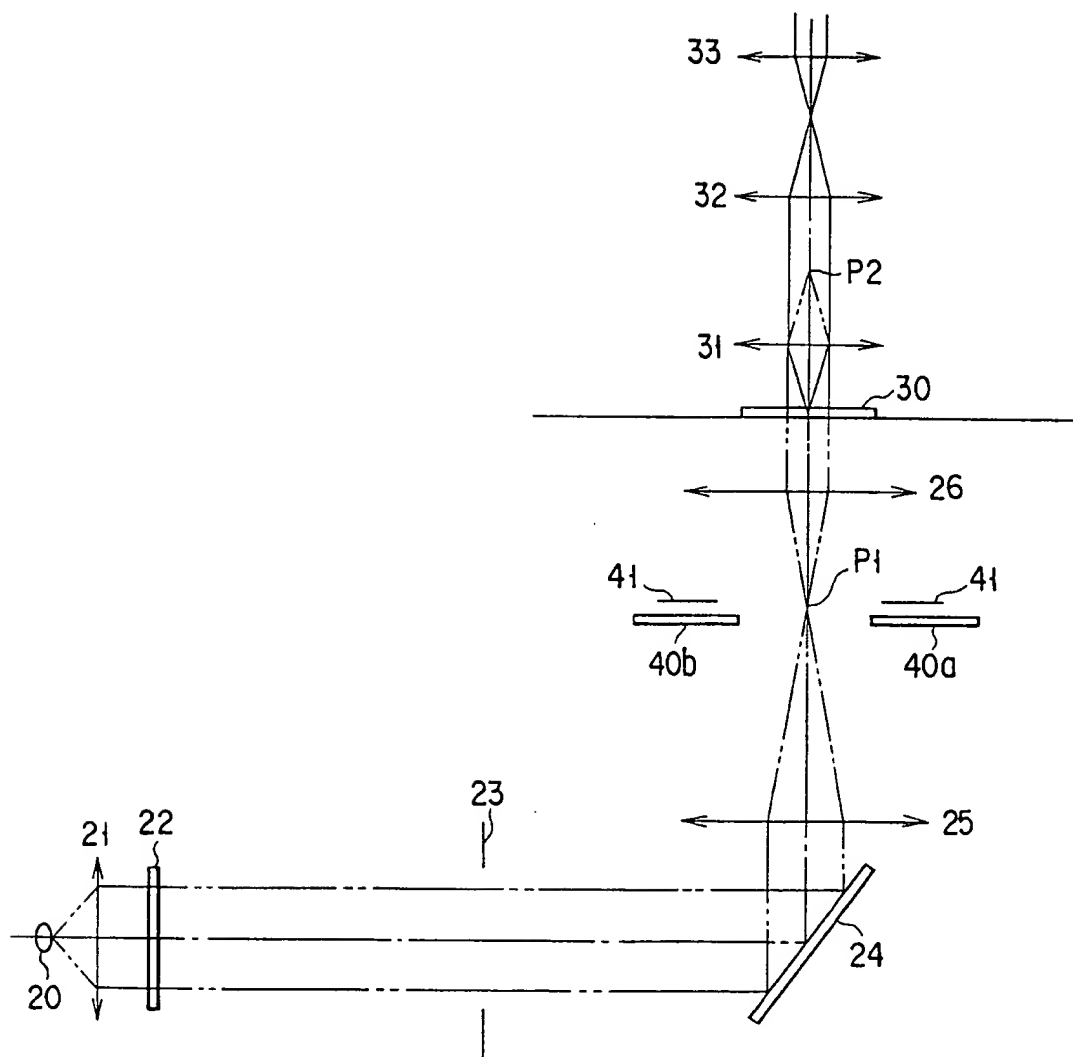


FIG. 7

6/31

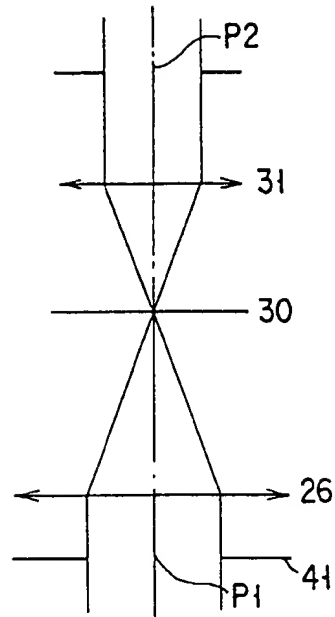


FIG. 8A

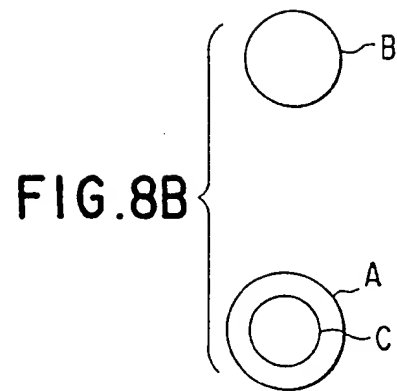


FIG. 8B

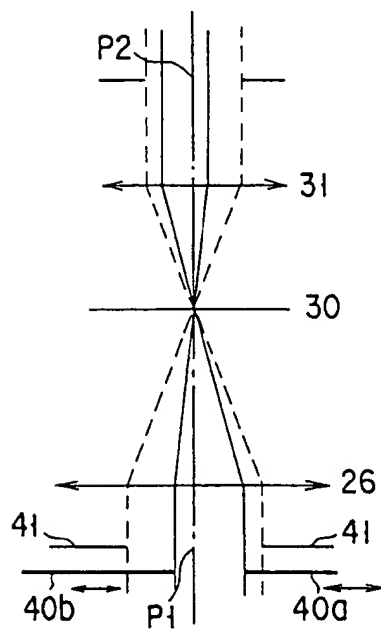


FIG. 9A

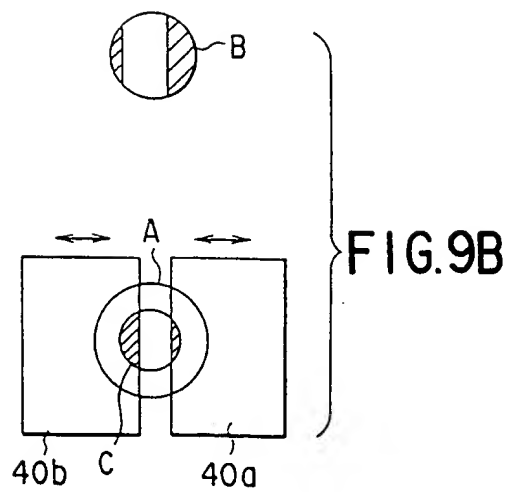


FIG. 9B

7/31

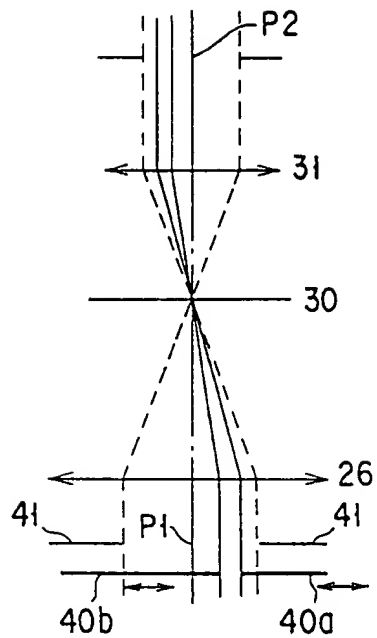


FIG. 10A

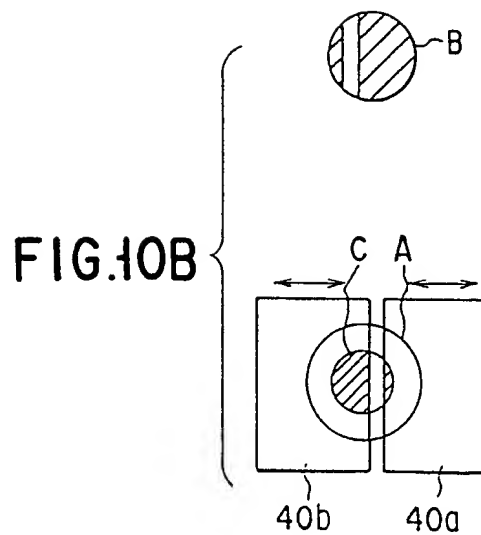


FIG. 10B

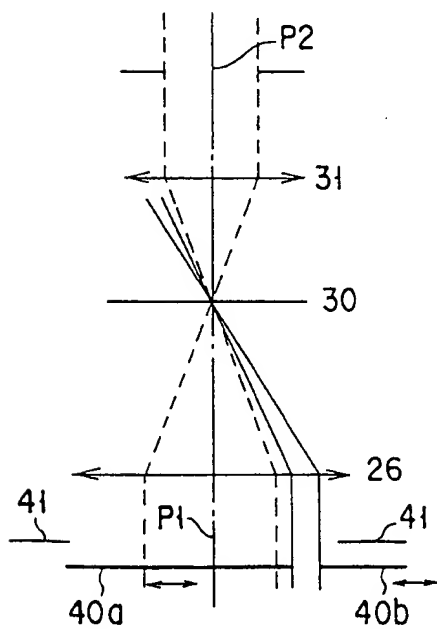


FIG. 11A

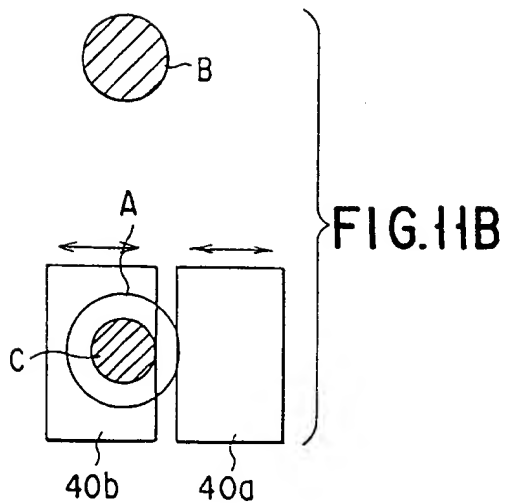
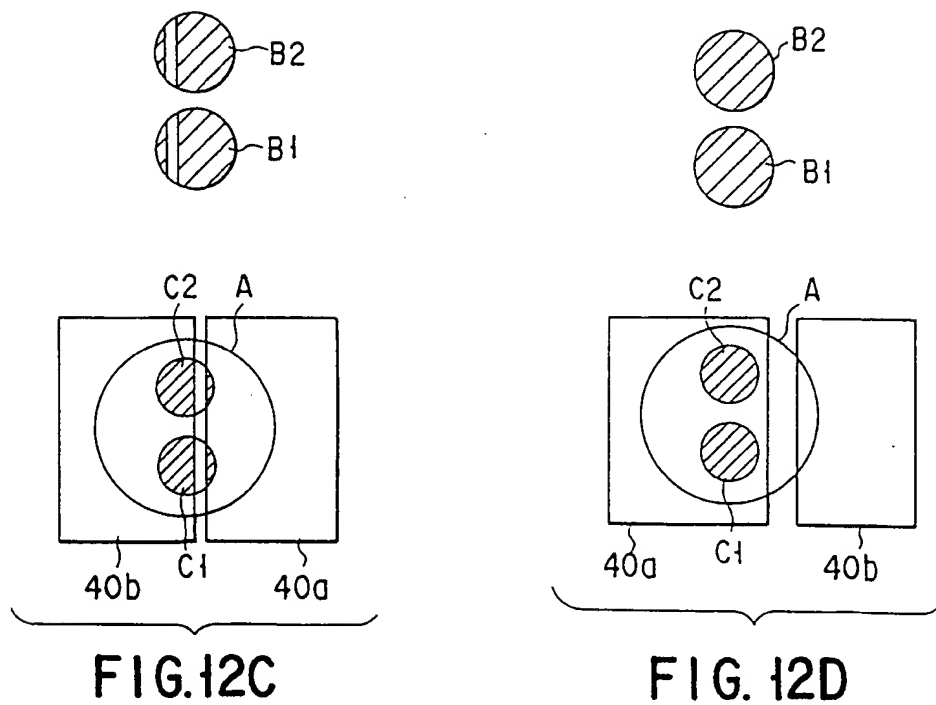
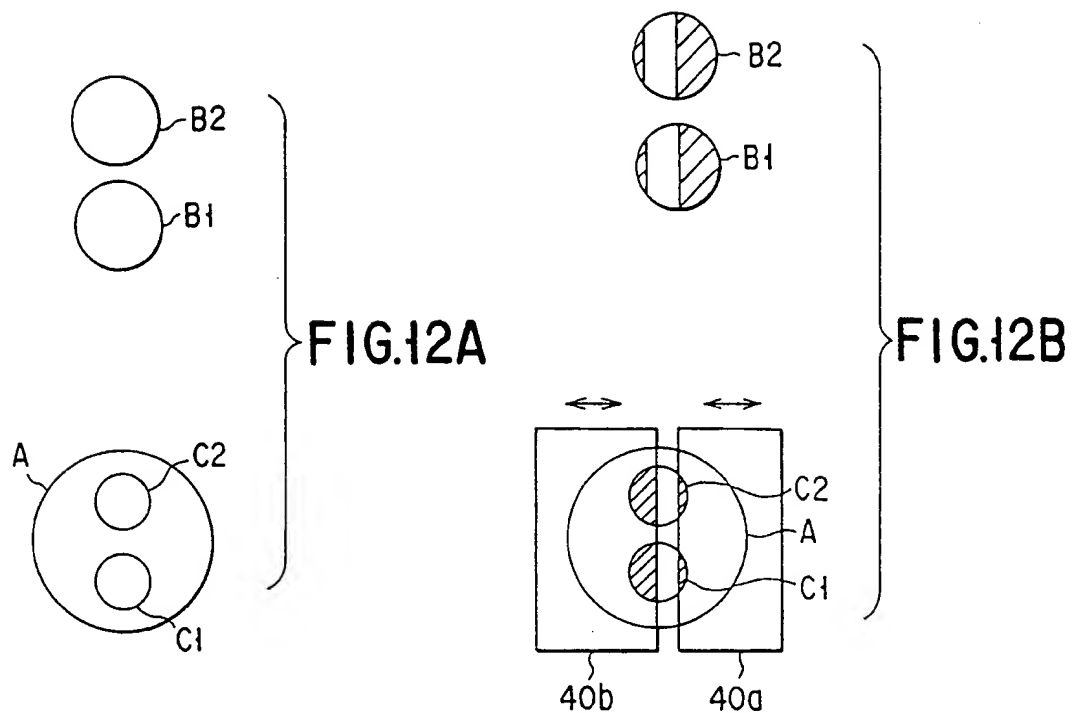


FIG. 11B

8/31



9/31

FIG. 13

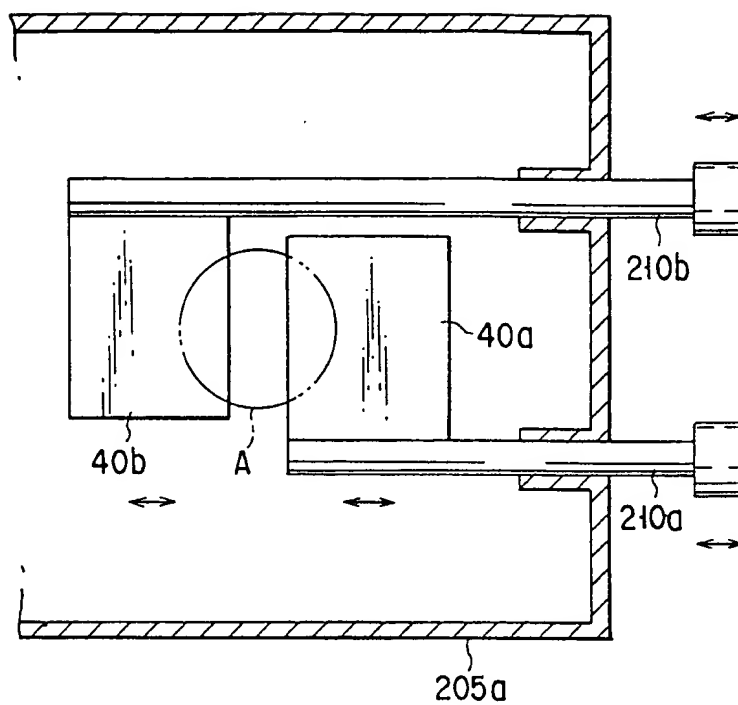
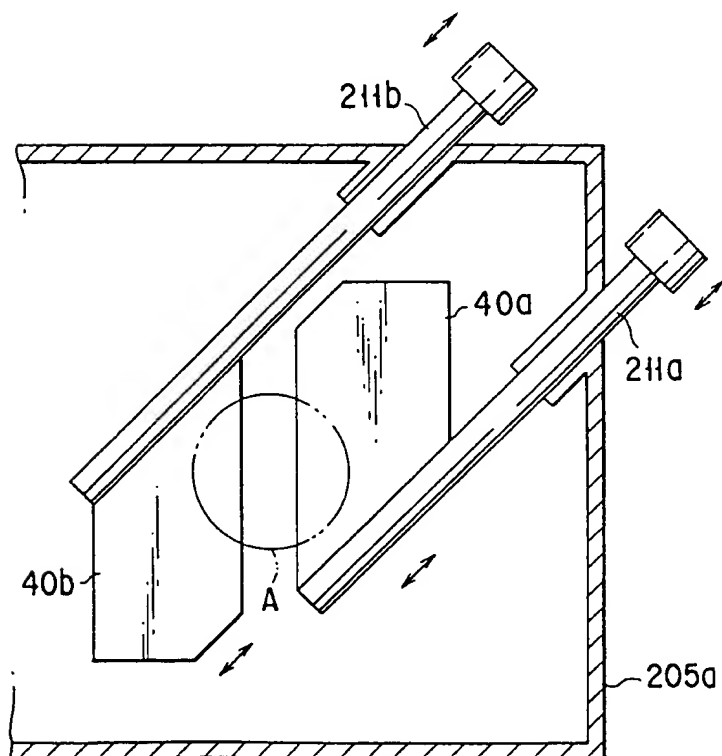


FIG. 14



10/31

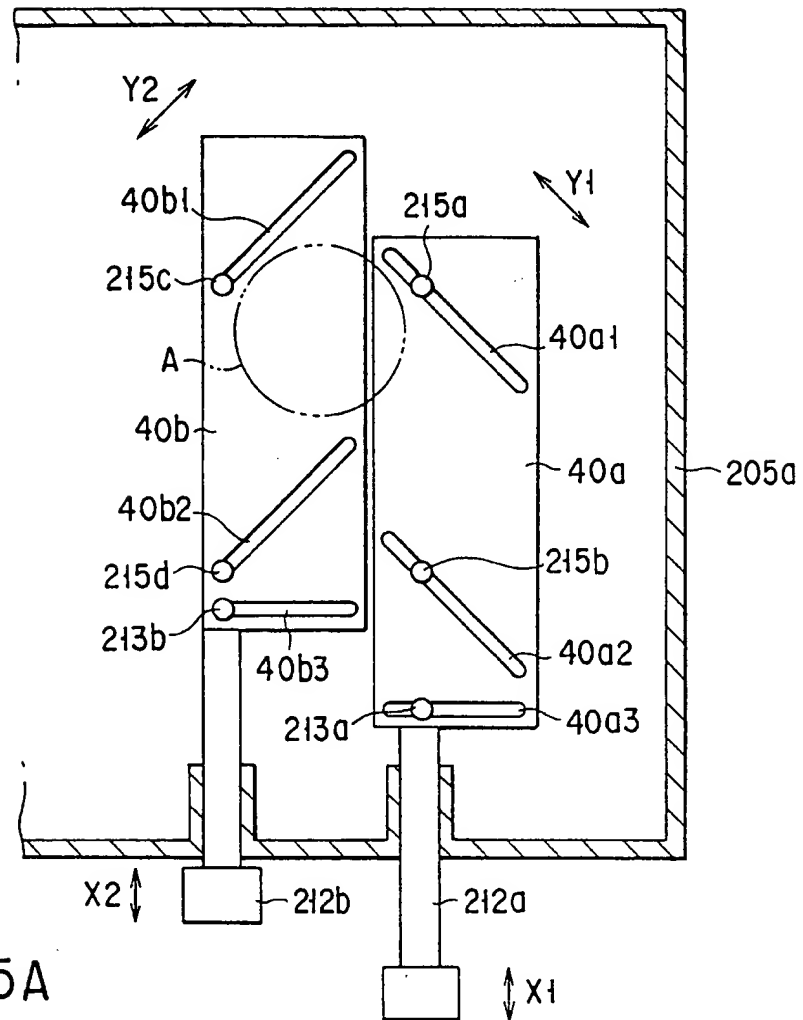


FIG. 15A

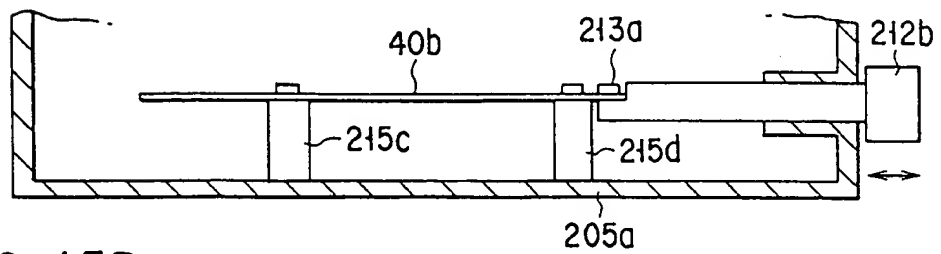


FIG. 15B

11/31

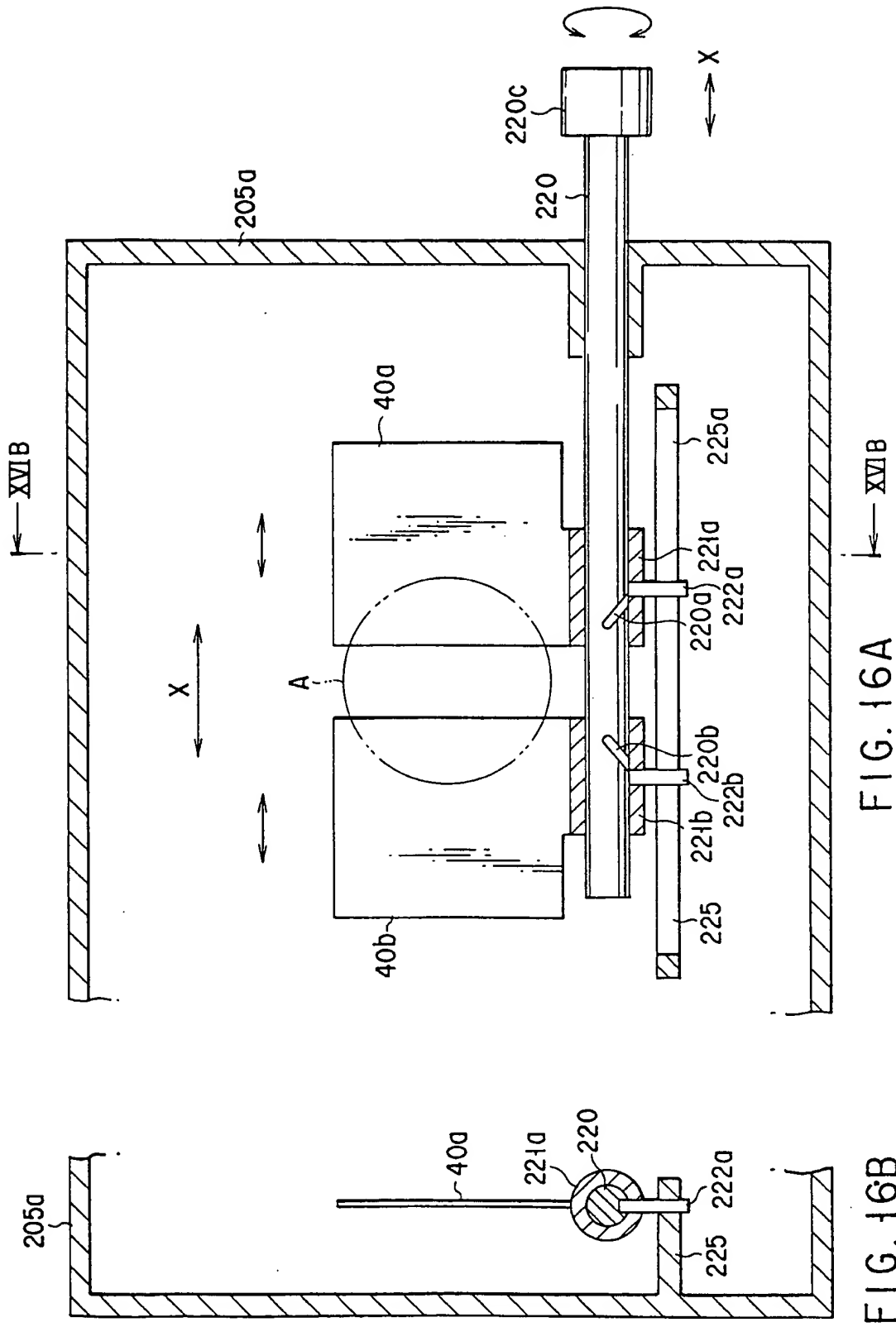


FIG. 16A

FIG. 16B

12/31

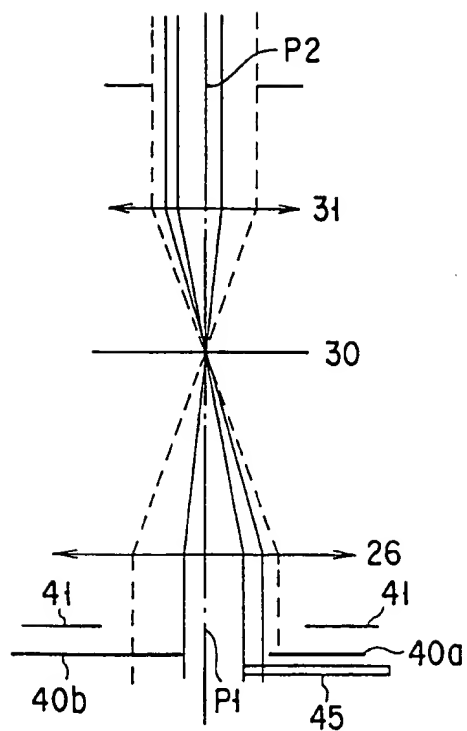


FIG. 17A

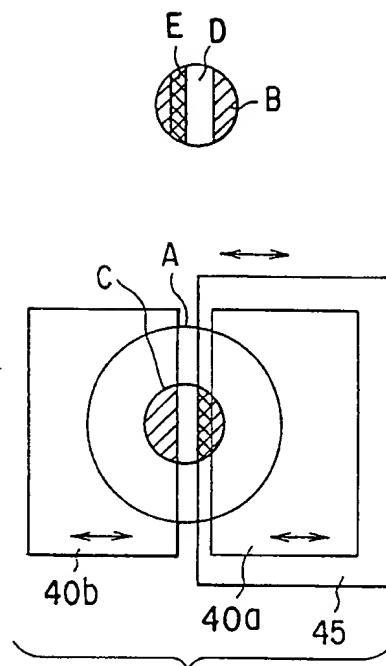


FIG. 17B

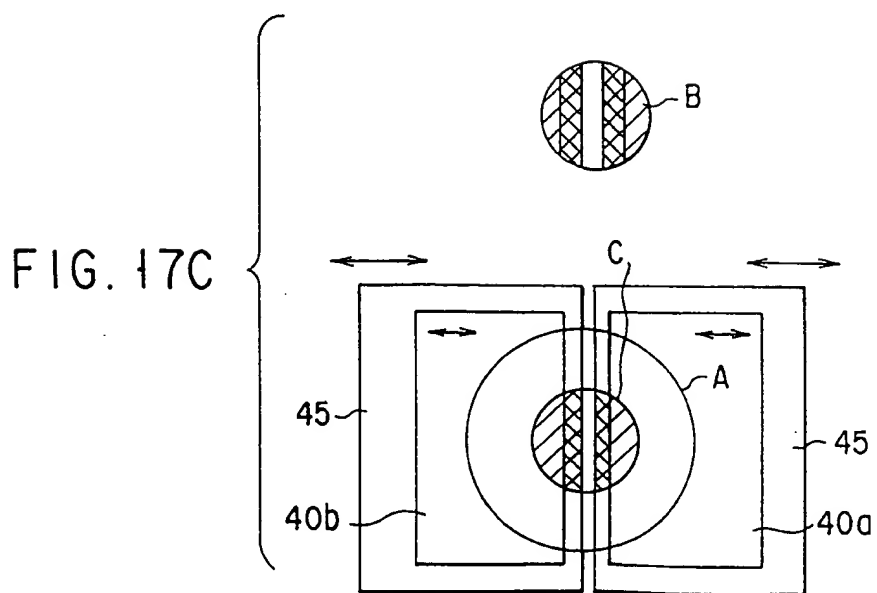


FIG. 17C

13/31

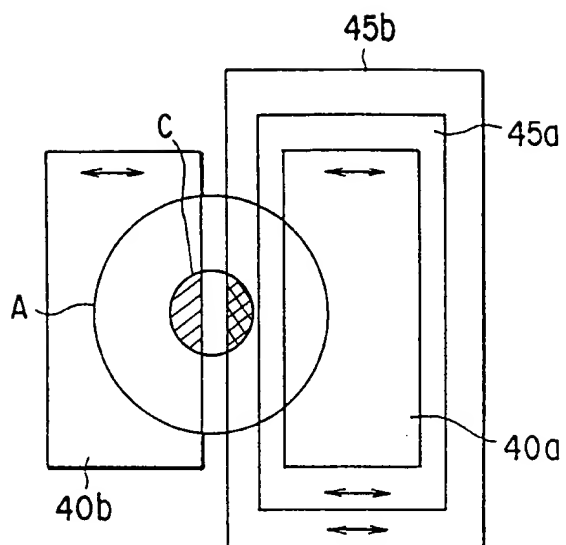


FIG. 18A

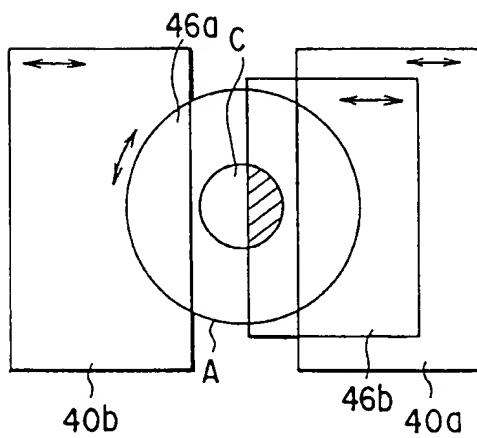


FIG. 18B

14 / 31

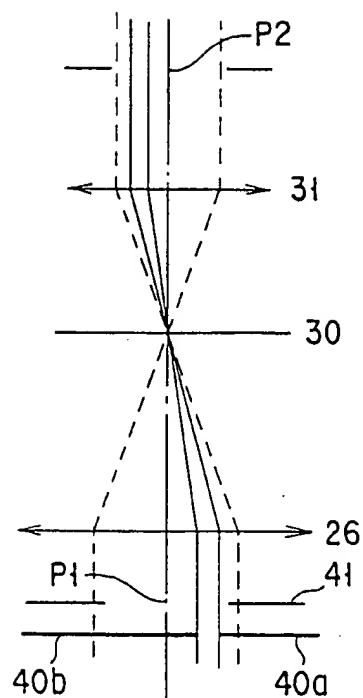


FIG. 19A

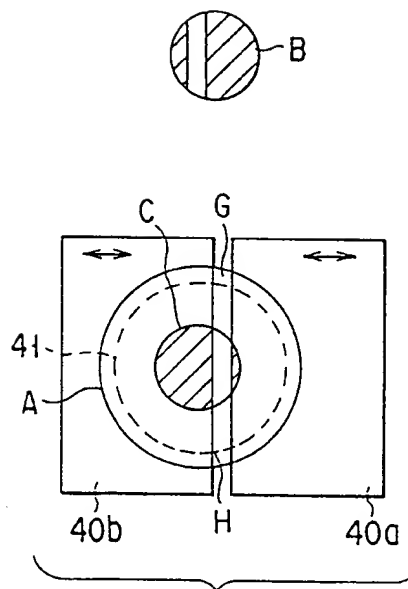


FIG. 19B

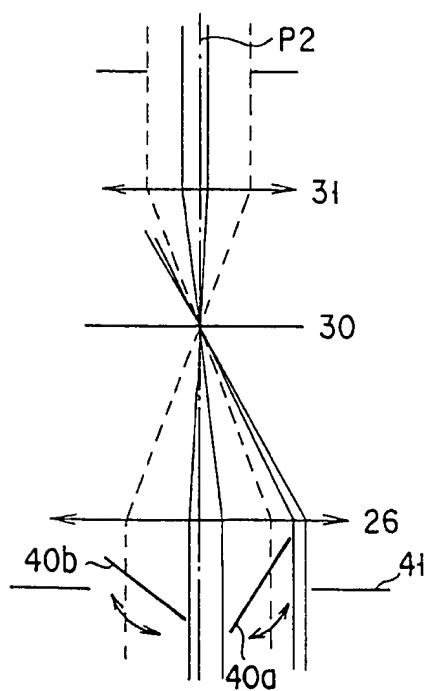


FIG. 20A

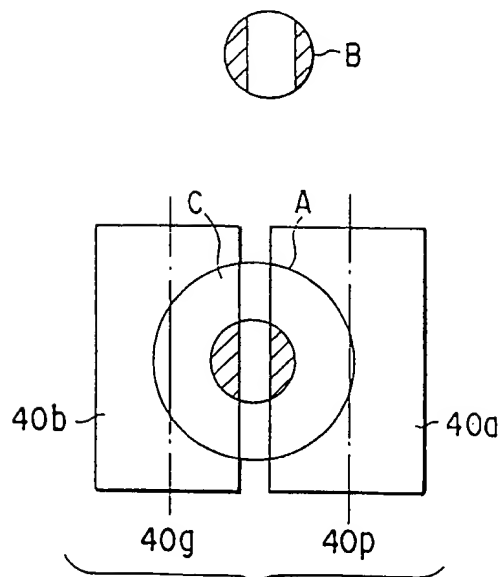


FIG. 20B

15/31

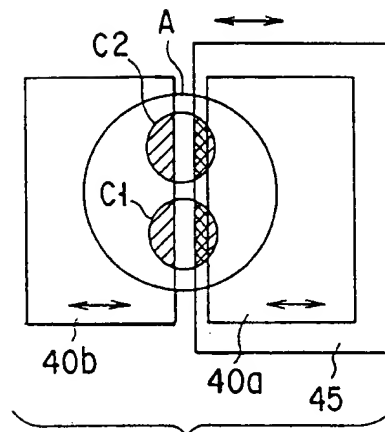
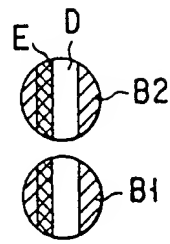
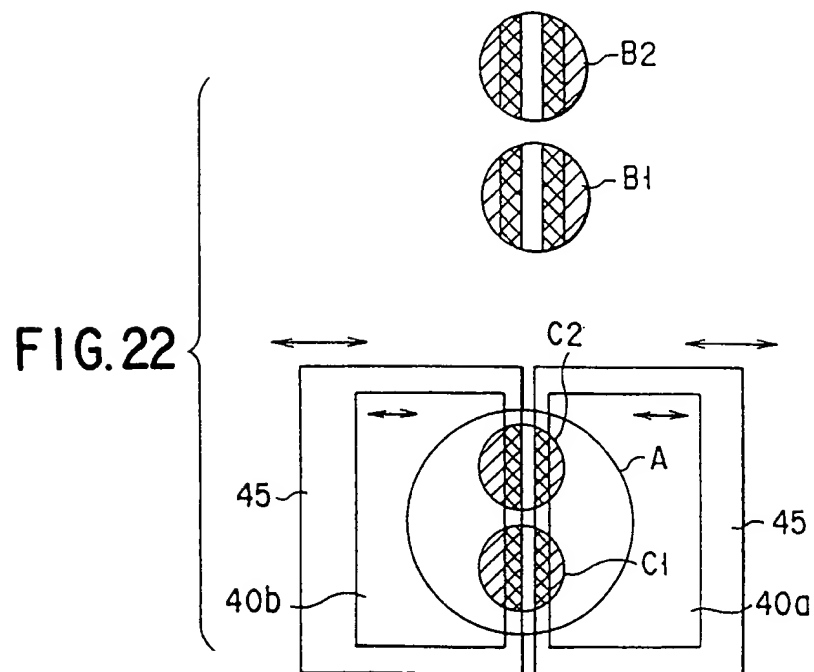


FIG.21



16/31

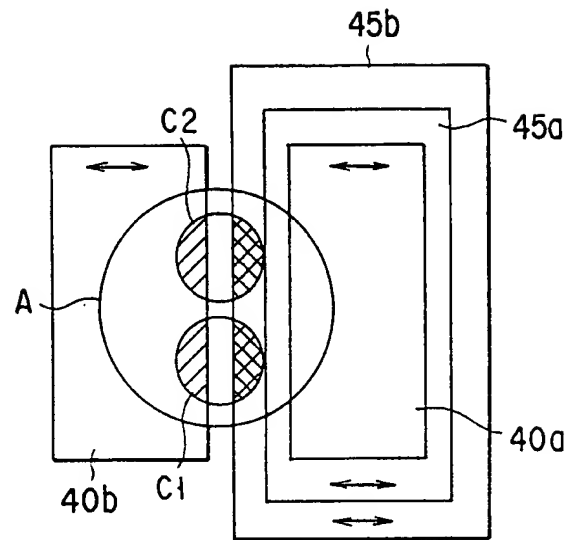


FIG. 23

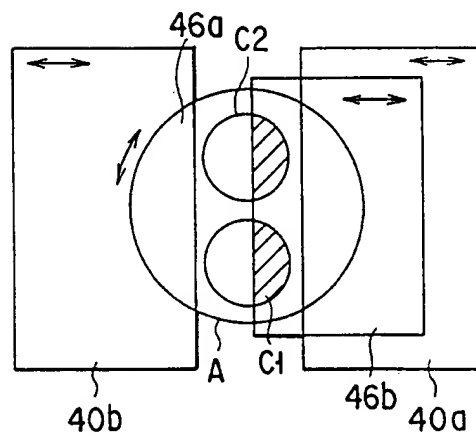


FIG. 24

17/31

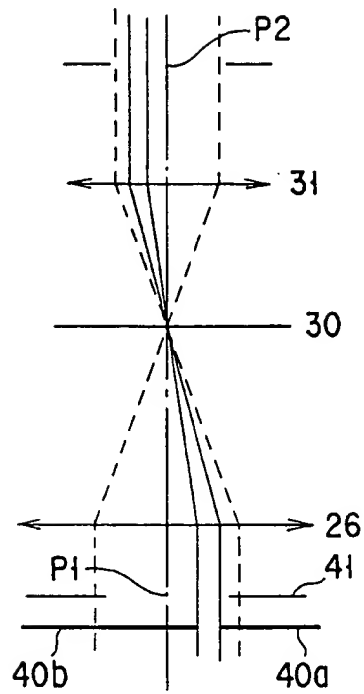


FIG. 25A

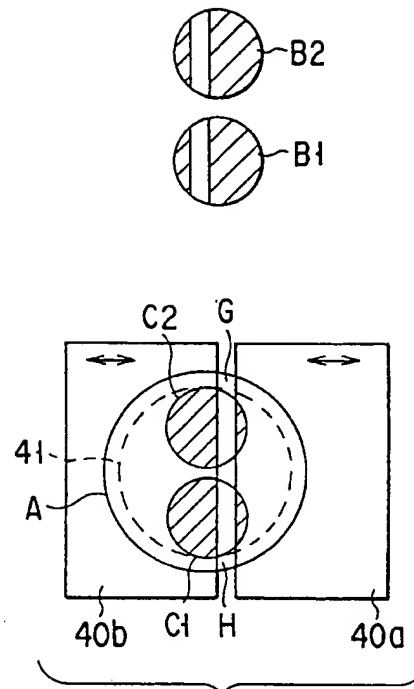


FIG. 25B

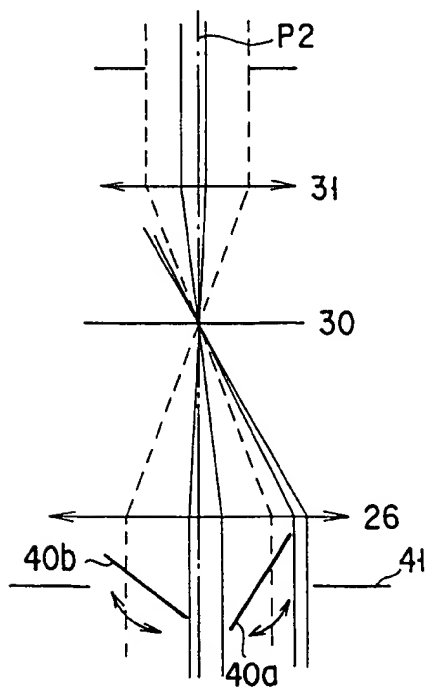


FIG. 26A

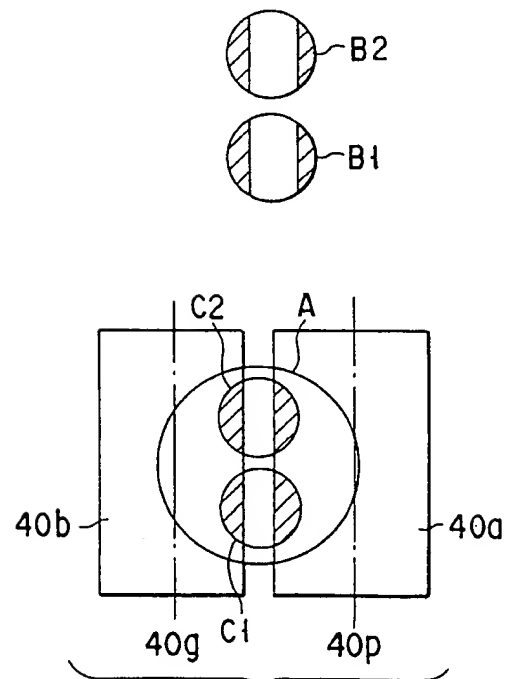


FIG. 26B

18/31

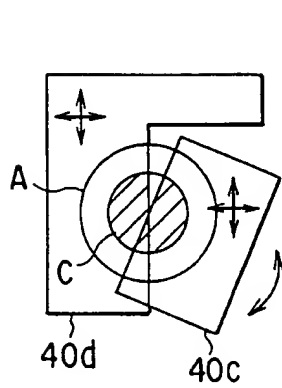


FIG. 27A

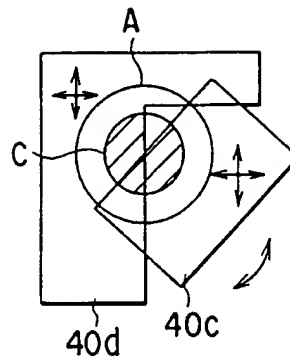


FIG. 27B

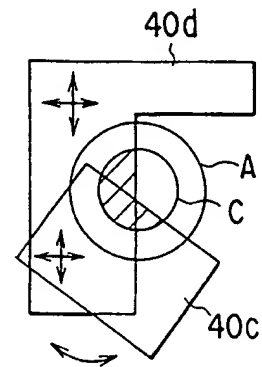


FIG. 27C

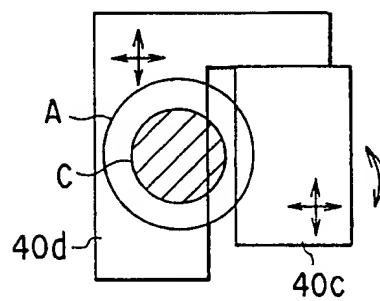


FIG. 27D

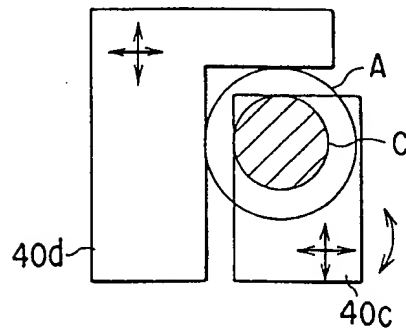


FIG. 27E

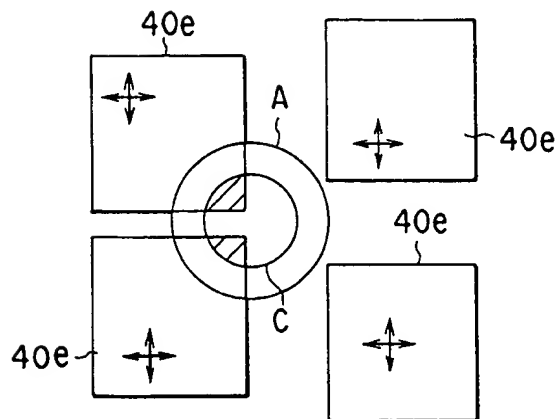


FIG. 28A

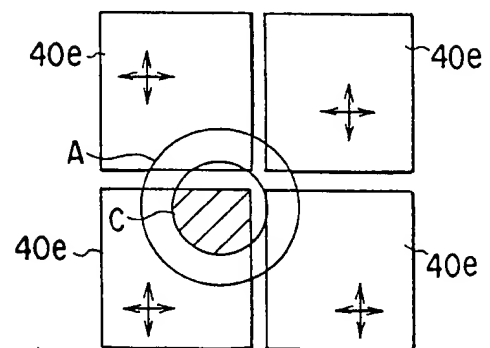


FIG. 28B

19/31

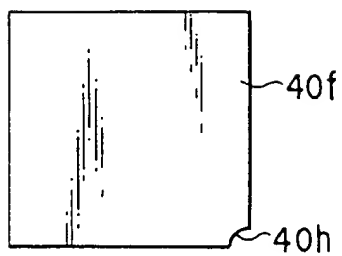


FIG. 29A

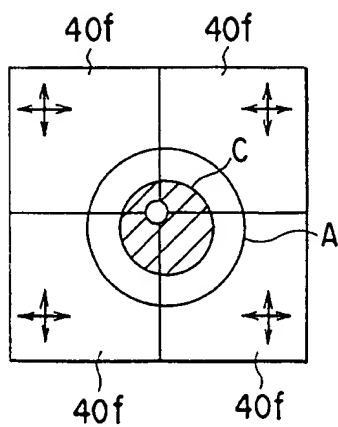


FIG. 29B

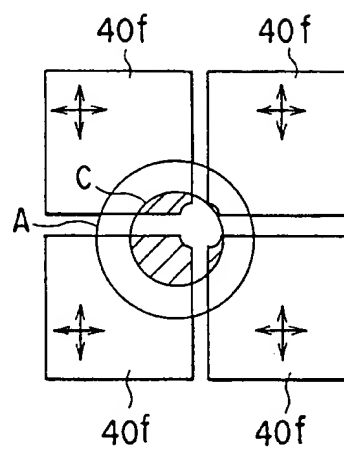


FIG. 29C

20/31

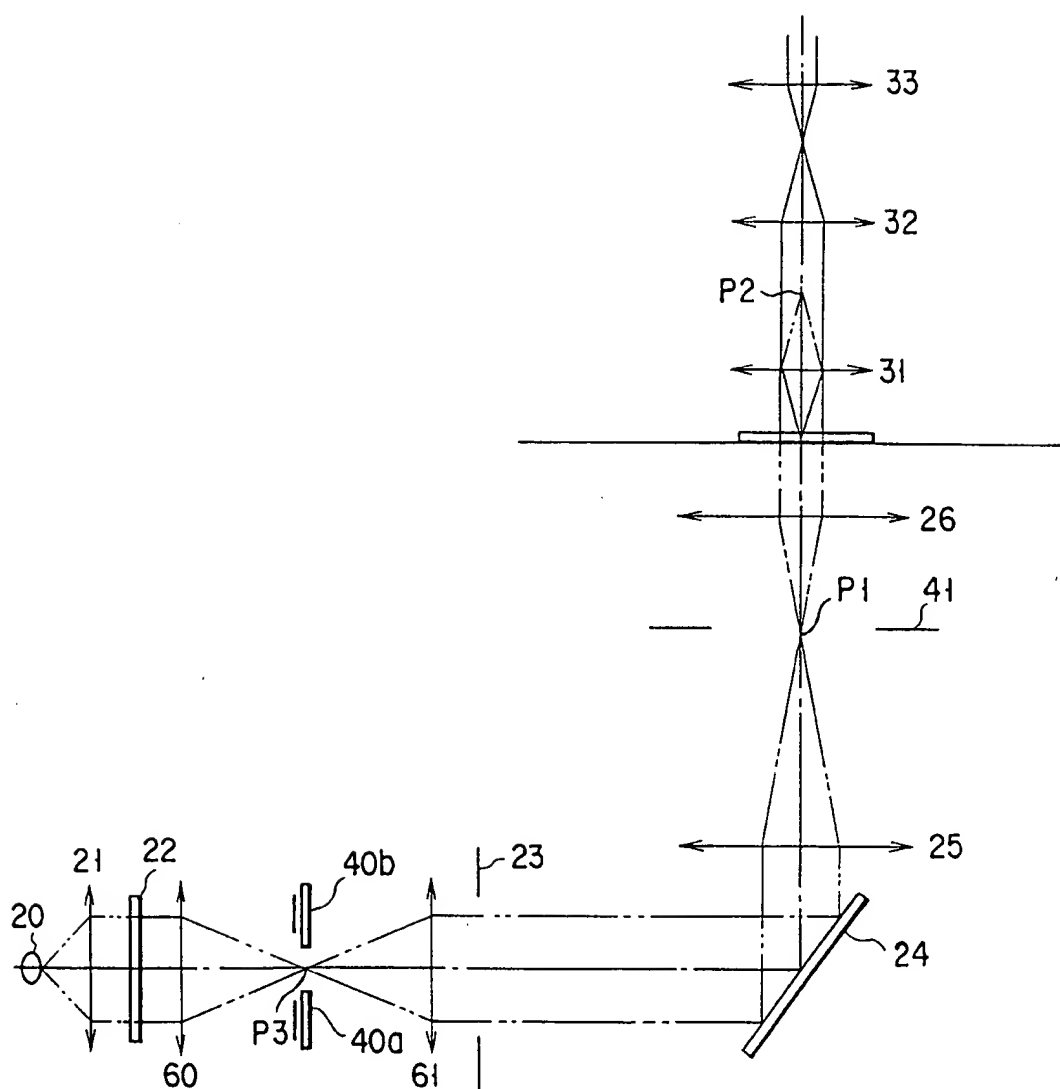


FIG. 30

21/31

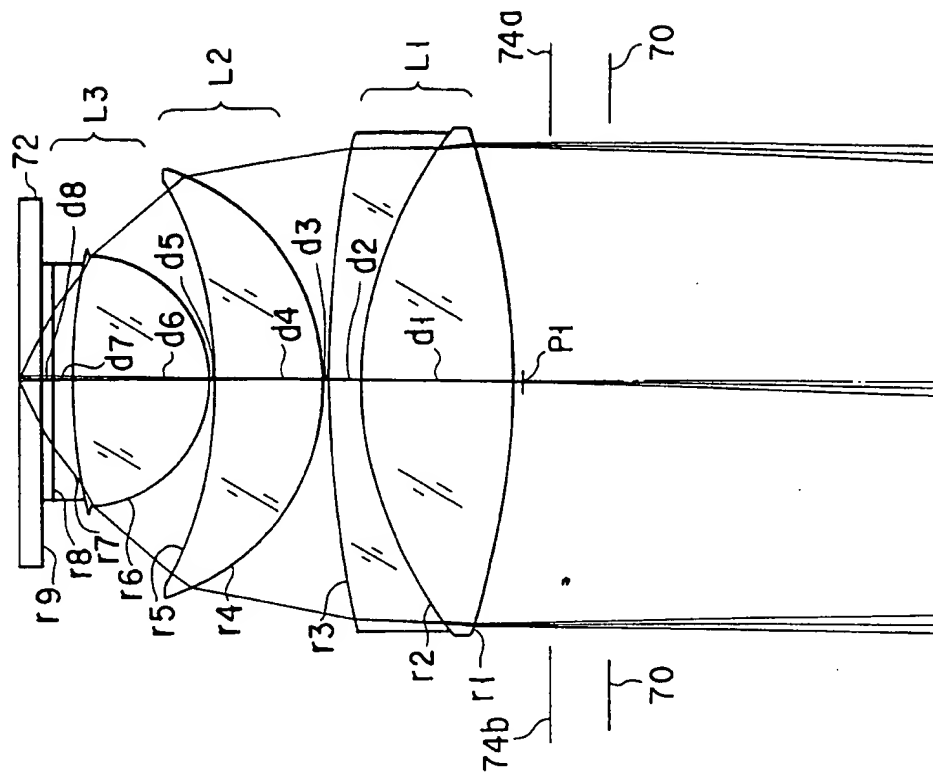


FIG. 32

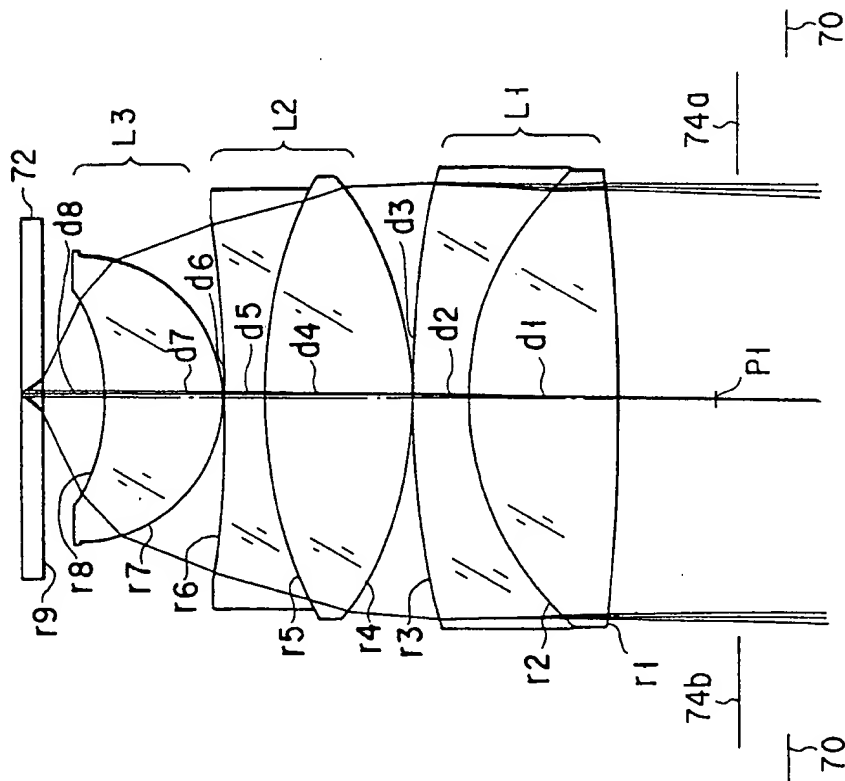


FIG. 31

22/31

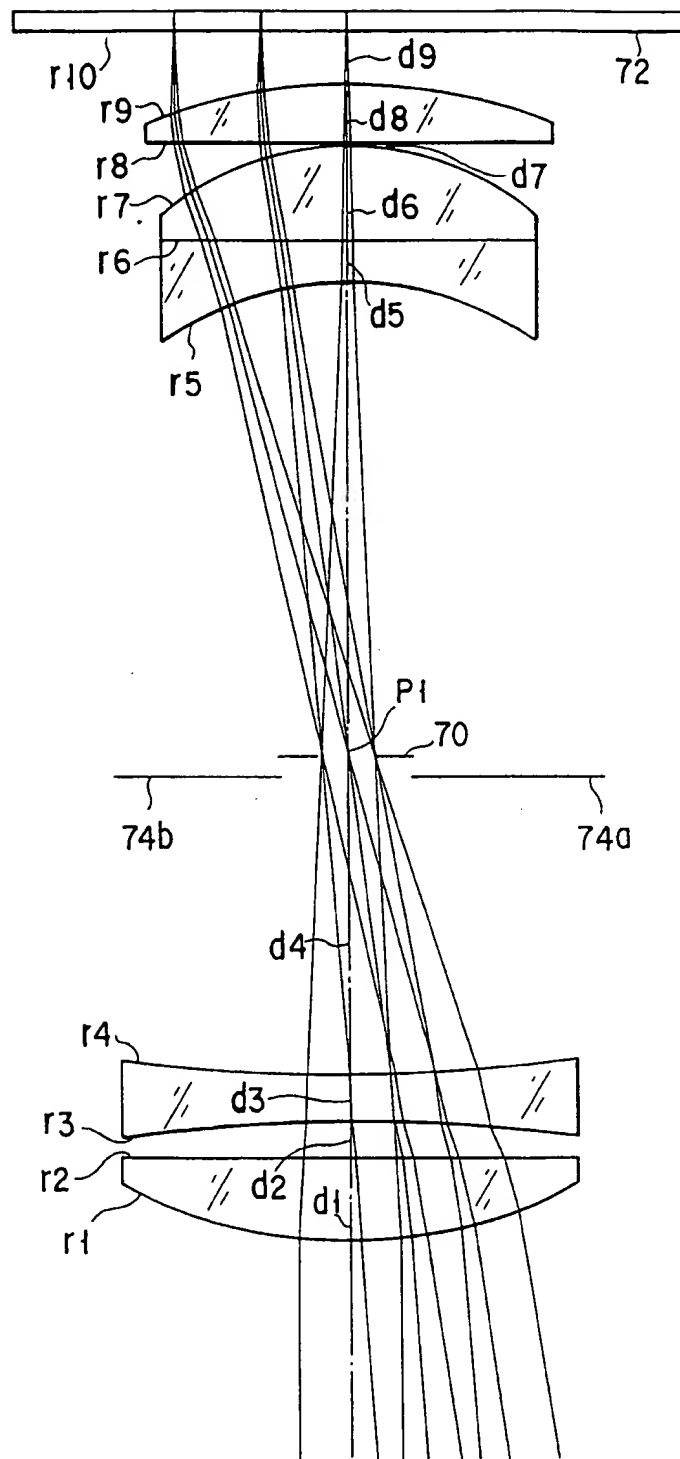


FIG.33

23/31

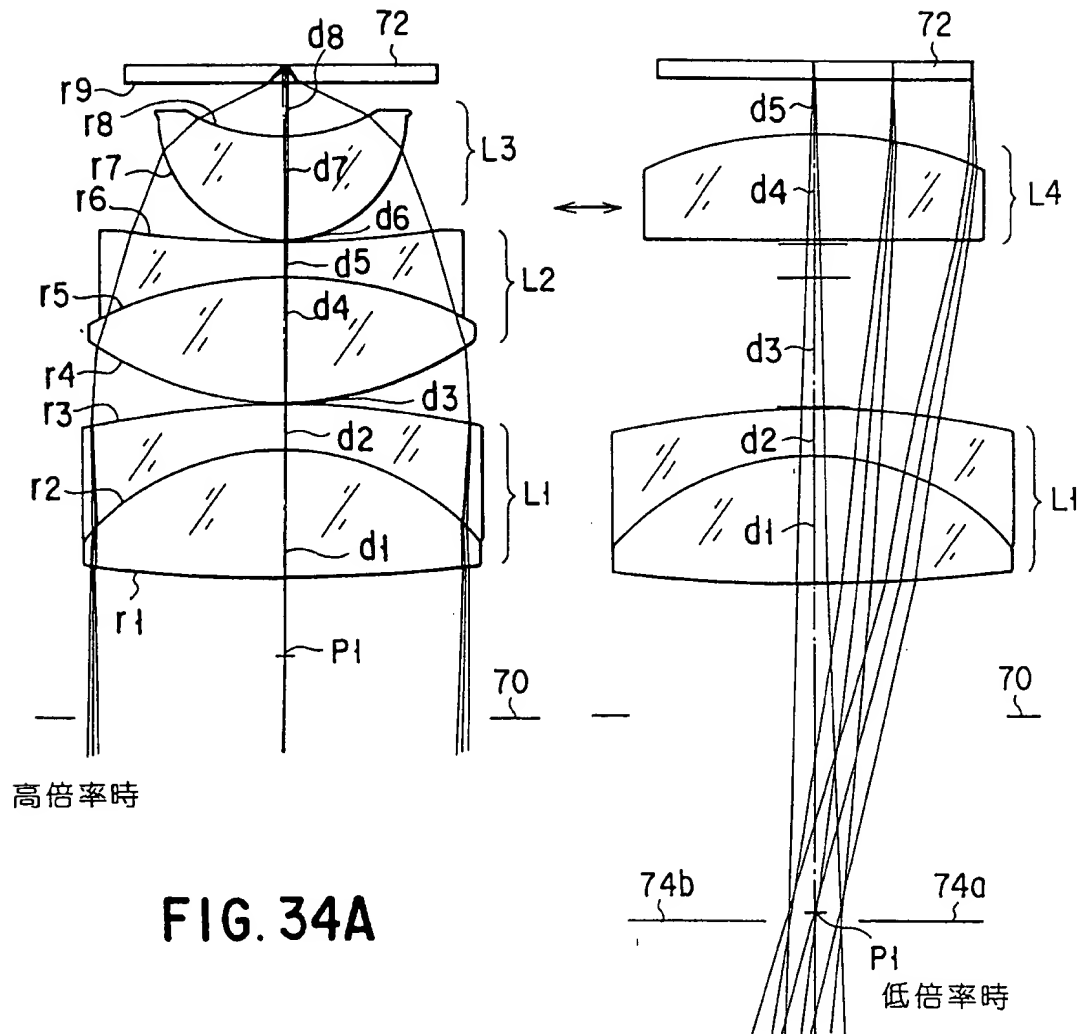


FIG. 34A

FIG. 34B

24/31

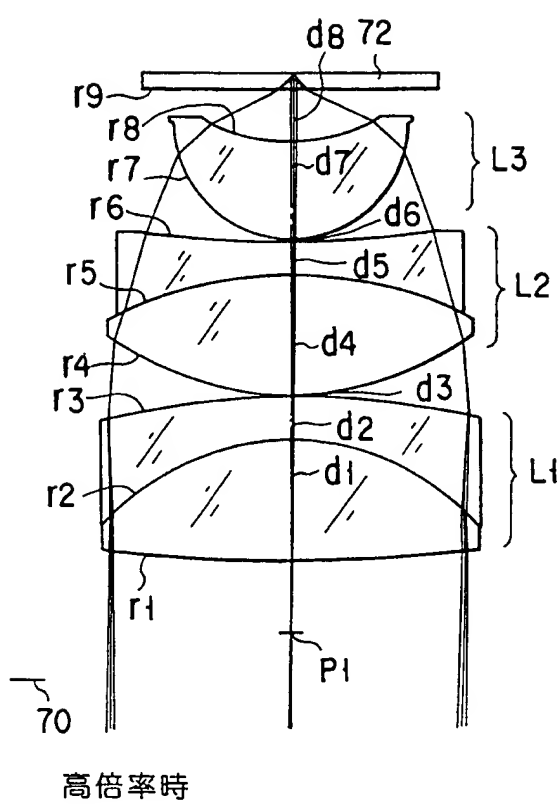


FIG. 35A

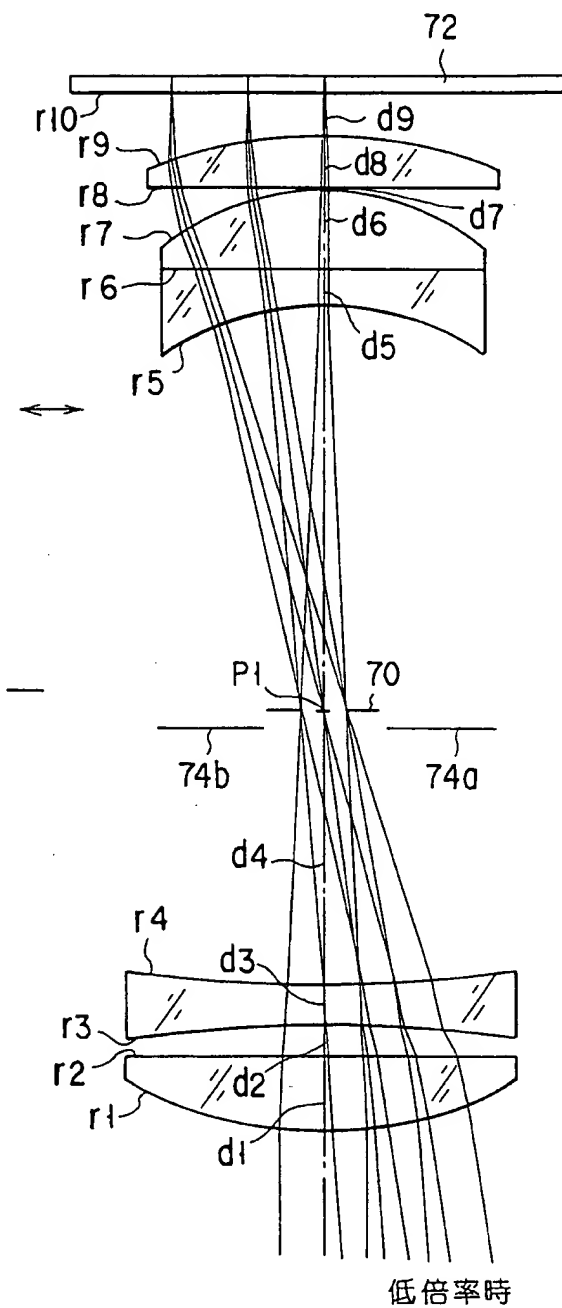


FIG. 35B

25/31

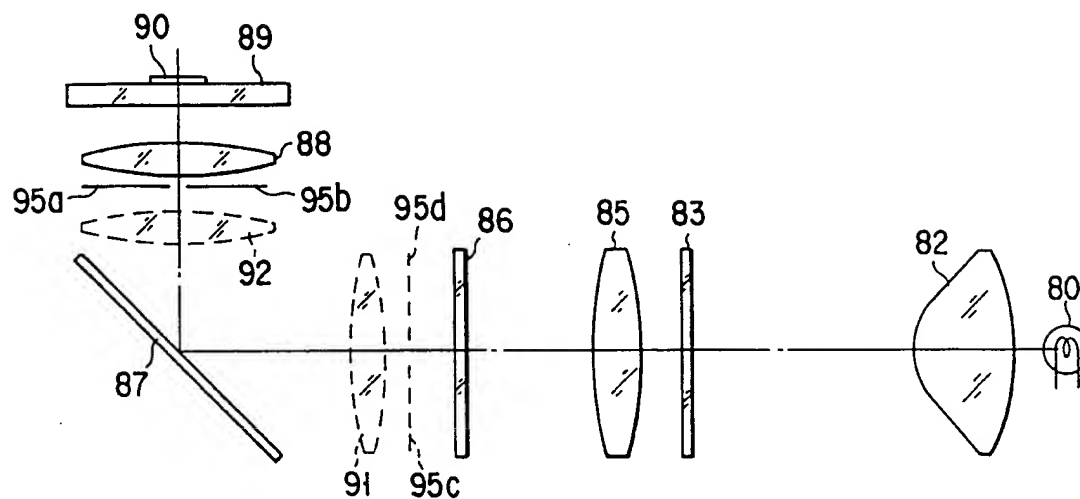


FIG. 36

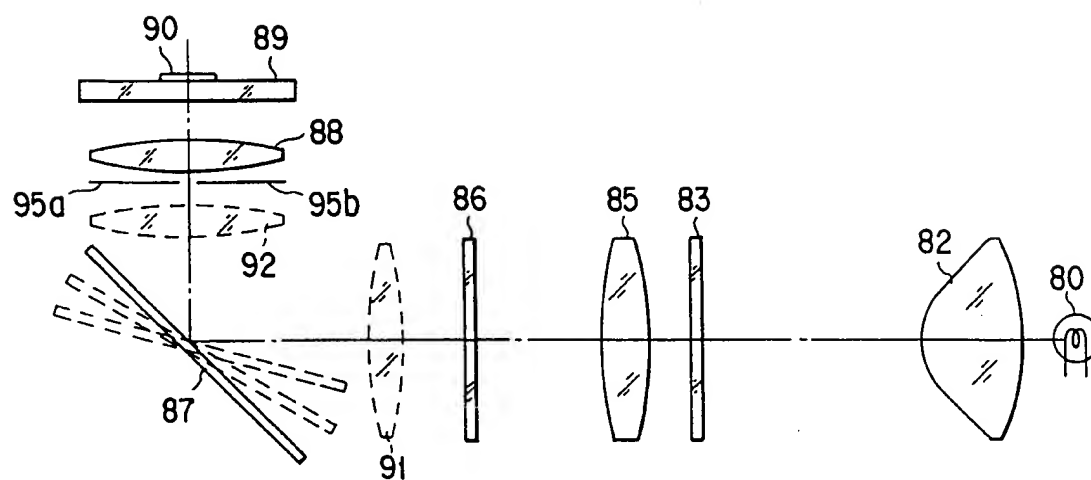


FIG. 37

26/31

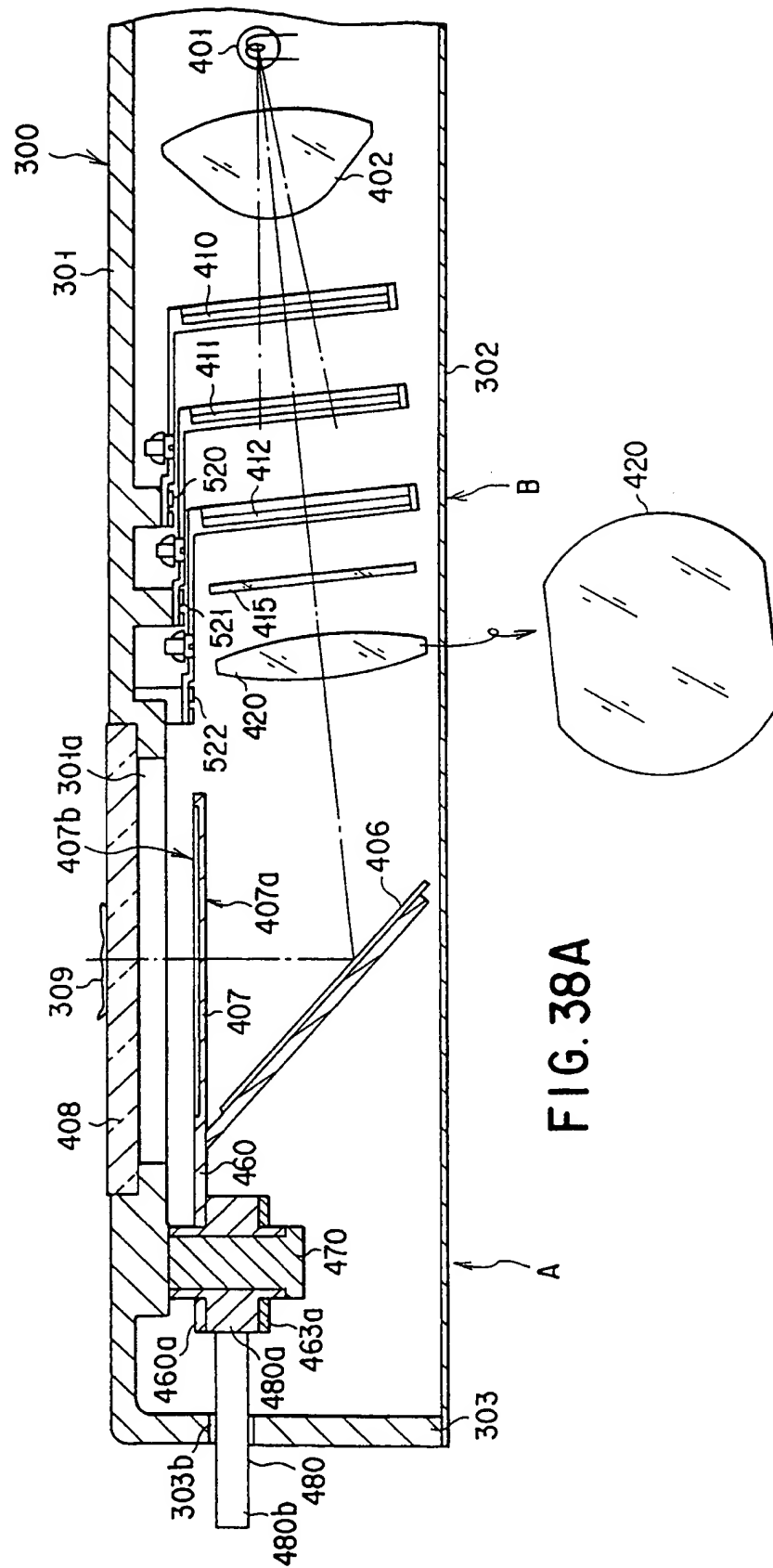


FIG. 38A

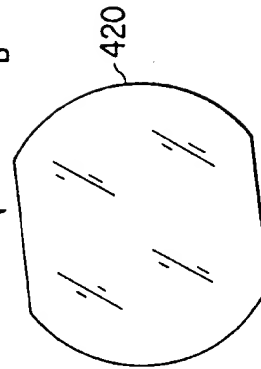


FIG. 38B

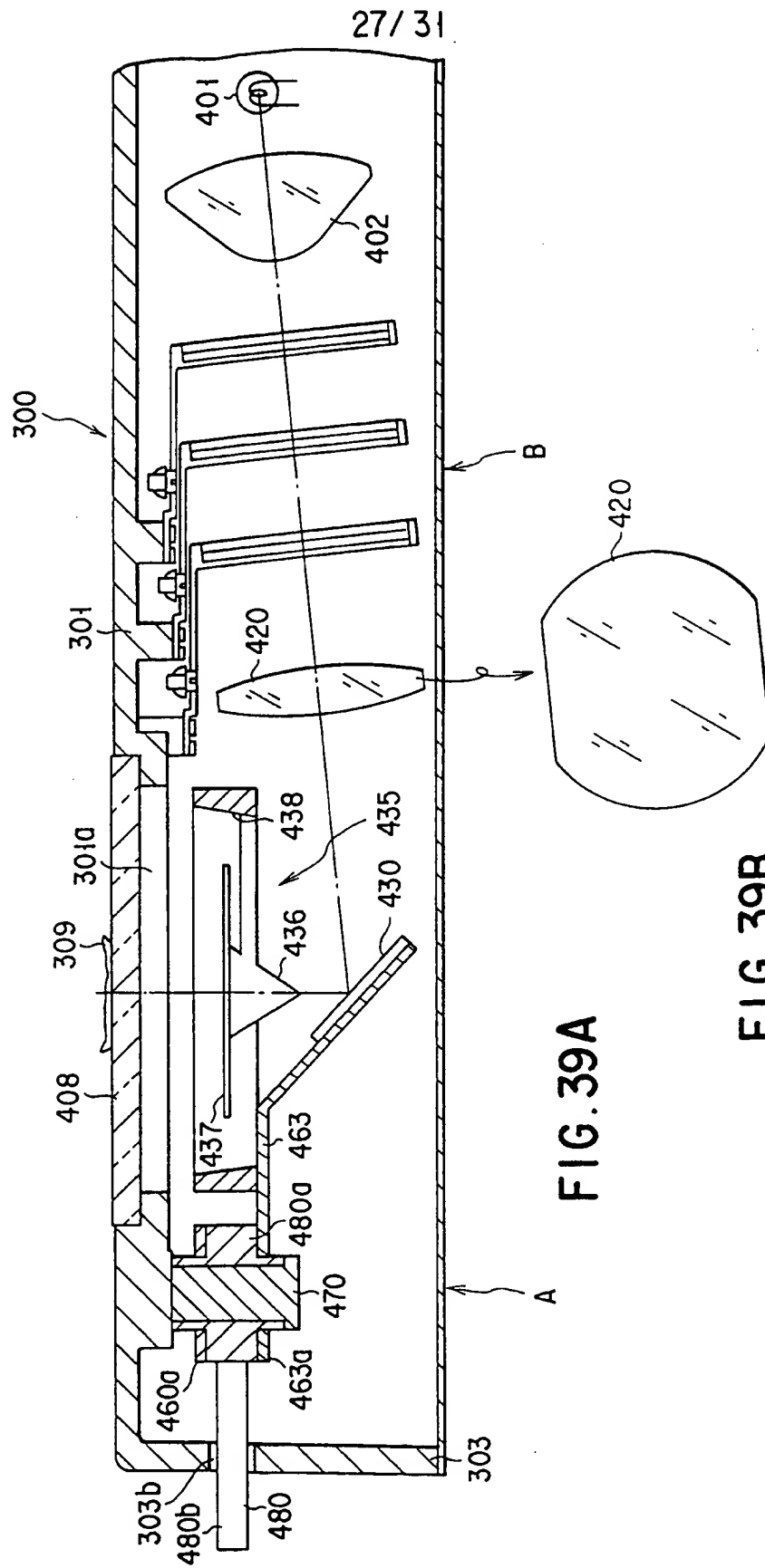


FIG. 39A

FIG. 39B

28/31

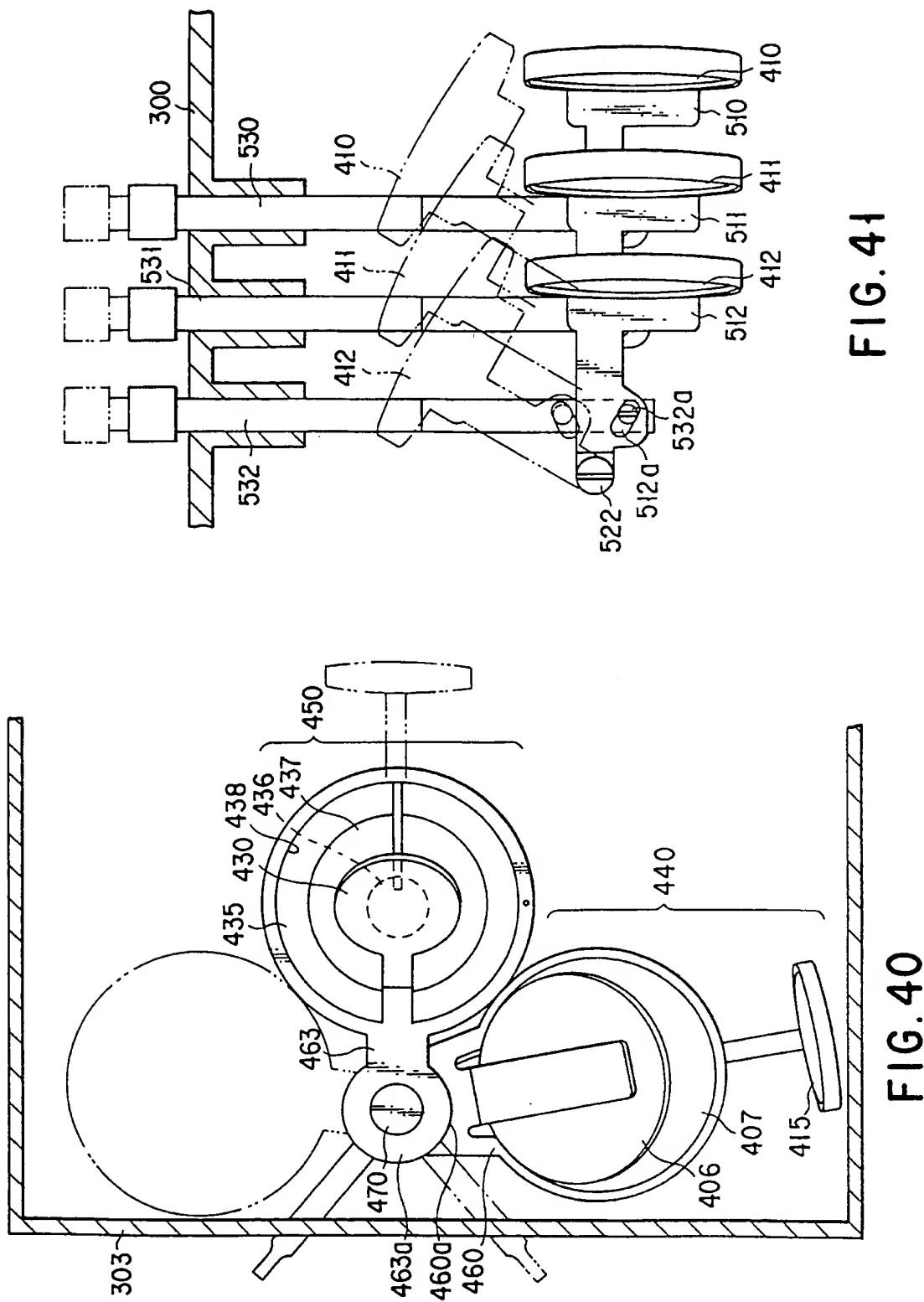


FIG. 41

FIG. 40

29/31

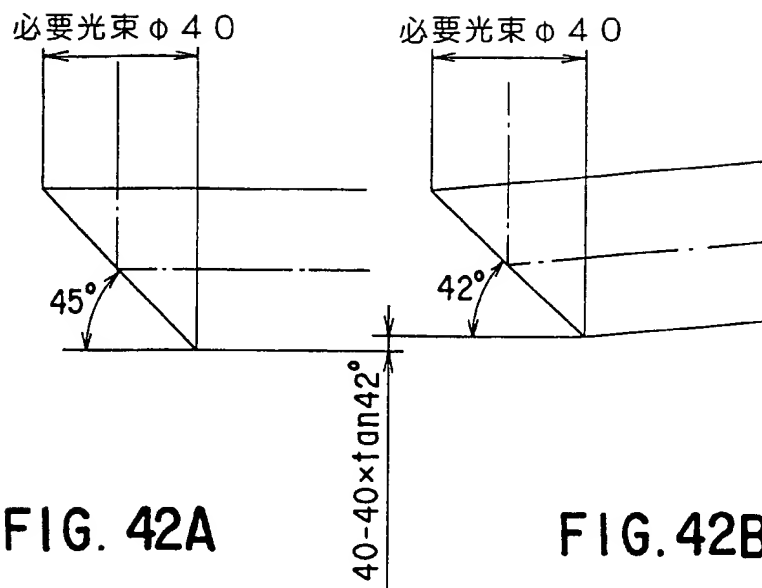


FIG. 42A

FIG. 42B

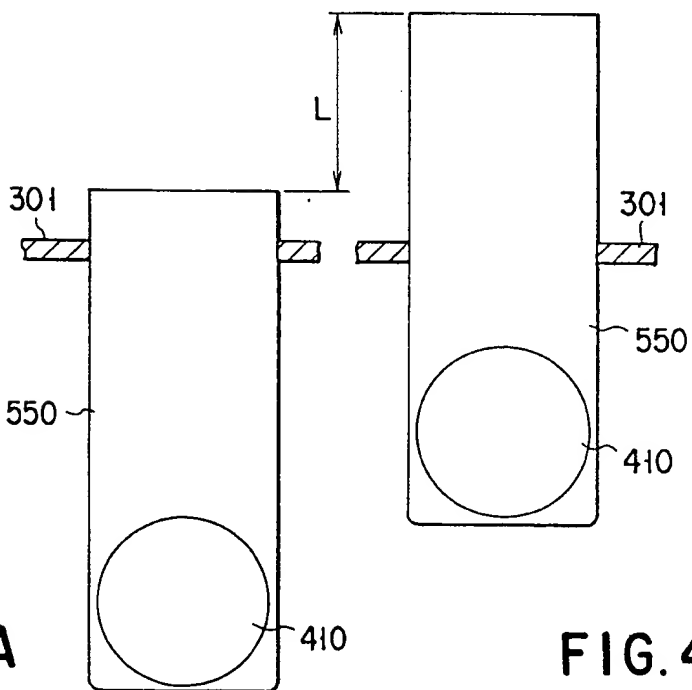


FIG. 43A

FIG. 43B

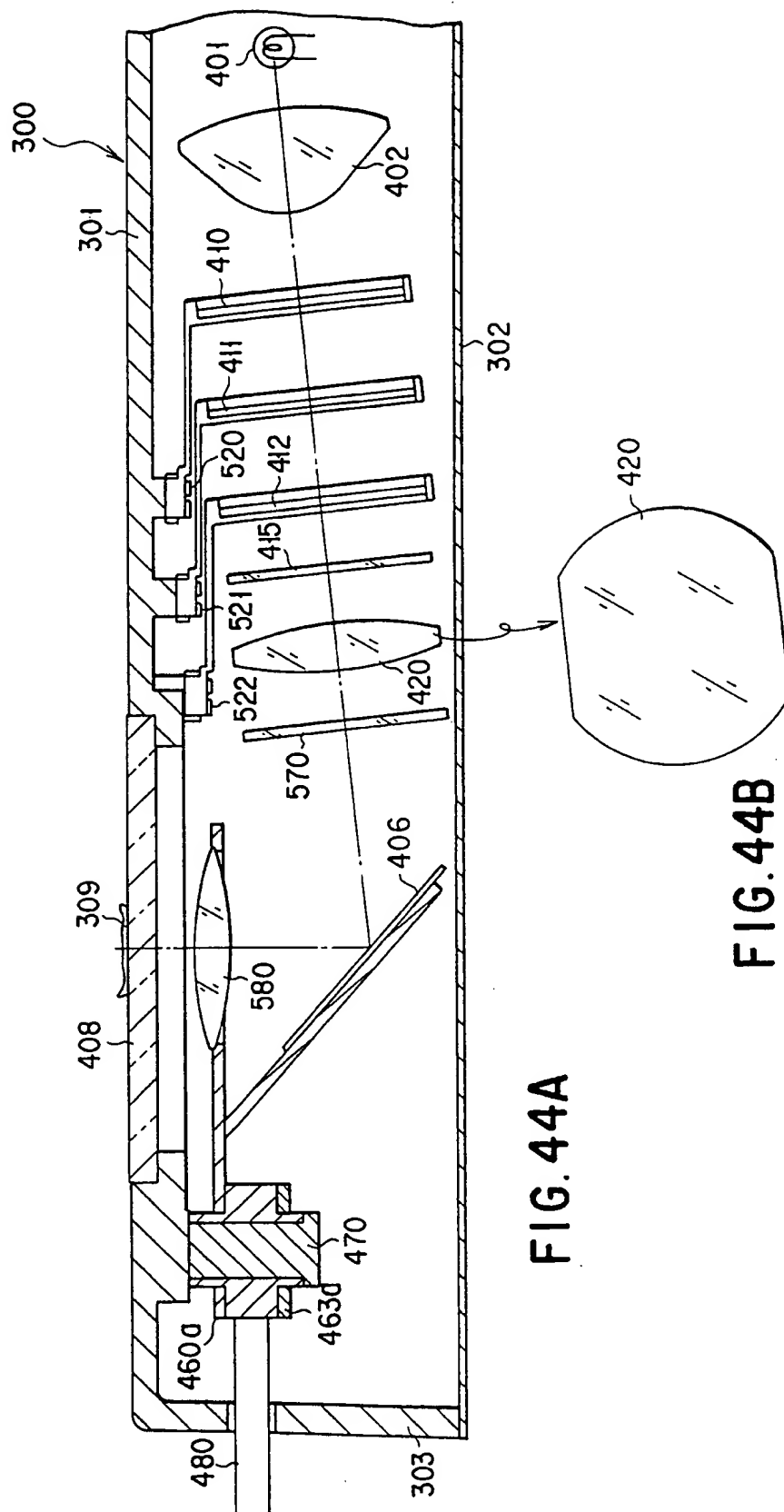


FIG. 44A

FIG. 44B

31/31

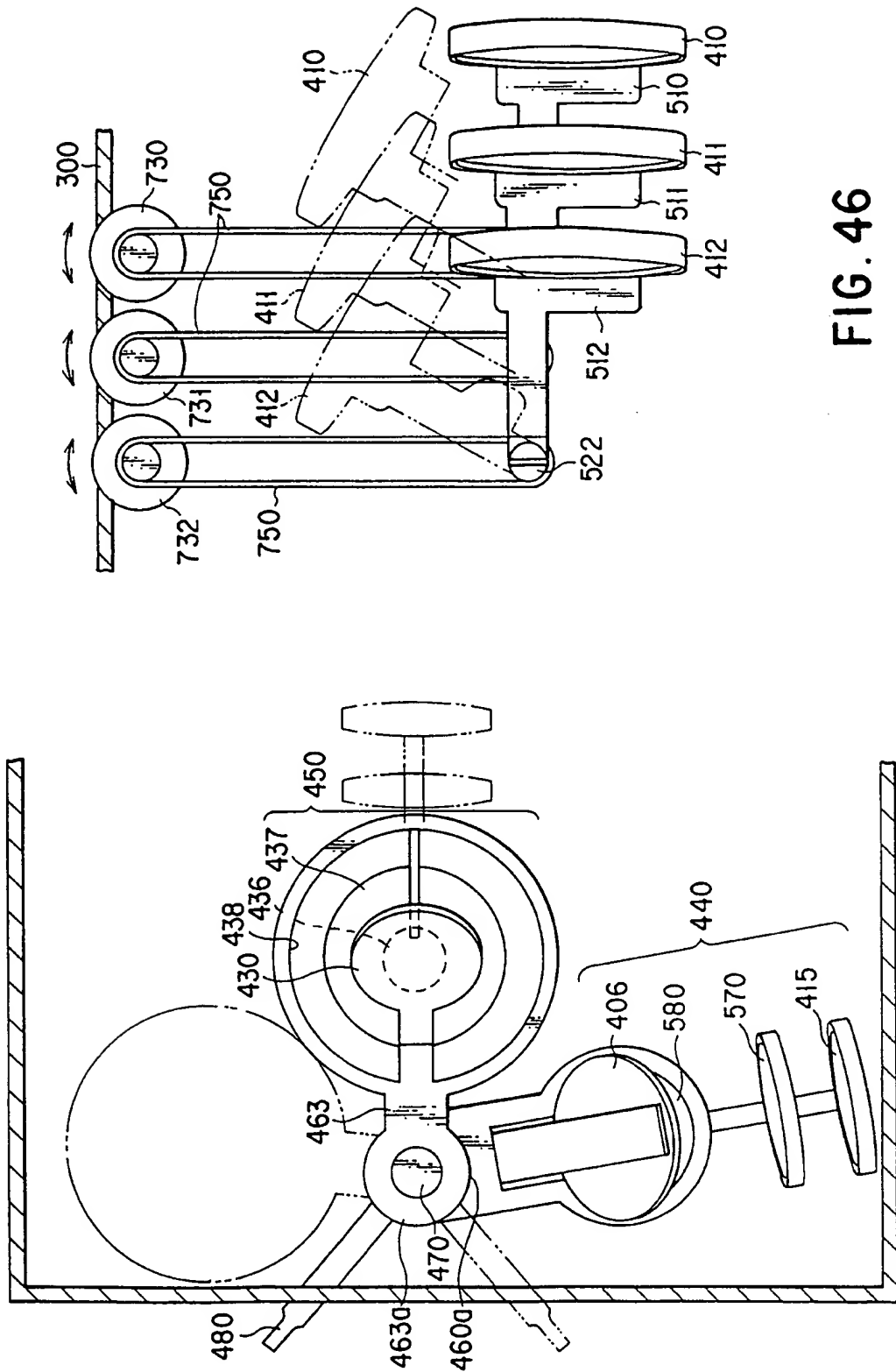


FIG. 46

FIG. 45

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/03853

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁶ G02B21/06, 21/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁶ G02B21/00-21/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1998 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 3-267910, A (Olympus Optical Co., Ltd.), 28 November, 1991 (28. 11. 91) (Family: none)	1-4, 8 6
X Y	JP, 44-12396, B1 (Nippon Kogaku K.K.), 4 January, 1969 (04. 01. 69) (Family: none)	1-4, 8, 9 6
Y A	JP, 4-318804, A (Olympus Optical Co., Ltd.), 10 November, 1992 (10. 11. 92), Column 2, line 43 to column 3, line 5 (Family: none)	6 10-11
X Y	JP, 108649, C2 (Carl Zeiss Stiftung), 26 December, 1934 (26. 12. 34), Fig. 3 (Family: none)	12, 13 16
Y A	JP, 4-22709, U (Olympus Optical Co., Ltd.), 25 February, 1992 (25. 02. 92), Fig. 3 (Family: none)	14, 16-18 15
Y	JP, 2-142808, U (Nikon Corp.), 4 December, 1990 (04. 12. 90), Claims ; Figs. 1, 2 (Family: none)	14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
13 November, 1998 (13. 11. 98)

Date of mailing of the international search report
24 November, 1998 (24. 11. 98)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP98/03853

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 41-5808, Y1 (Nippon Kogaku K.K.), 28 March, 1966 (28. 03. 66) (Family: none)	14 10-11
Y A	JP, 5-38617, U (Olympus Optical Co., Ltd.), 25 May, 1993 (25. 05. 93) (Family: none)	17, 18
A	JP, 51-128548, A (Robert Hoffmann), 9 November, 1976 (09. 11. 76) & US, 4200353, A	1-11
A	JP, 57-178212, A (Nippon Kogaku K.K.), 2 November, 1982 (02. 11. 82) (Family: none)	1-11
A	JP, 56-137324, A (Victor B. Kley), 27 October, 1981 (27. 10. 81) & US, 4806776, A & US, 4561731, A	1-11, 14-18
A	JP, 6-175036, A (Olympus Optical Co., Ltd.), 24 June, 1994 (24. 06. 94) (Family: none)	1
A	JP, 3-157609, A (Olympus Optical Co., Ltd.), 5 July, 1991 (05. 07. 91) & US, 5128808, A & DE, 4036065, A	3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ G 02 B 21/06, 21/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁸ G 02 B 21/00-21/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1998年

日本国公開実用新案公報 1971-1998年

日本国登録実用新案公報 1994-1998年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 3-267910, A (オリンパス光学工業株式会社), 28. 11月. 1991 (28. 11. 91) (ファミリーなし)	1-4, 8 6
X Y	J P, 44-12396, B1 (日本光学工業株式会社), 4. 1月. 1969 (04. 01. 69) (ファミリーなし)	1-4, 8, 9 6
Y A	J P, 4-318804, A (オリンパス光学工業株式会社), 10. 11月. 1992 (10. 11. 92), 第2欄, 第43行~第3欄, 第5行 (ファミリーなし)	6 10-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13. 11. 98

国際調査報告の発送日

24.11.98

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

里木 禾リ光

2H

9514

電話番号 03-3581-1101 内線 3232

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P, 1 0 8 6 4 9, C 2 (カール, ツアイス, スチフツング), 2 6. 1 2. 1 9 3 4 (2 6. 1 2. 3 4), 第3図 (ファミリー なし)	12, 13 16
Y A	J P, 4-2 2 7 0 9, U (オリンパス光学工業株式会社), 2 5. 2 月. 1 9 9 2 (2 5. 0 2. 9 2), 第3図 (ファミリー なし)	14, 16-18 15
Y	J P, 2-1 4 2 8 0 8, U (株式会社ニコン), 4. 1 2 月. 1 9 9 0 (0 4. 1 2. 9 0), 実用新案登録請求の 範囲, 第1図, 第2図 (ファミリーなし)	14
Y A	J P, 4 1-5 8 0 8, Y 1 (日本光学工業株式会社), 2 8. 3 月. 1 9 6 6 (2 8. 0 3. 6 6) (ファミリーなし)	14 10-11
Y	J P, 5-3 8 6 1 7, U (オリンパス光学工業株式会社), 2 5. 5 月. 1 9 9 3 (2 5. 0 5. 9 3) (ファミリーなし)	17, 18
A	J P, 5 1-1 2 8 5 4 8, A (ロバート ホフマン), 9. 1 1 月. 1 9 7 6 (0 9. 1 1. 7 6) &US, 4 2 0 0 3 5 3, A	1-11
A	J P, 5 7-1 7 8 2 1 2, A (日本光学工業株式会社), 2. 1 1 月. 1 9 8 2 (0 2. 1 1. 8 2) (ファミリーなし)	1-11
A	J P, 5 6-1 3 7 3 2 4, A (ビクター・ビイ・クレイ), 2 7. 1 0 月. 1 9 8 1 (2 7. 1 0. 8 1) &US, 4 8 0 6 7 7 6, A&US, 4 5 6 1 7 3 1, A	1-11, 14-18
A	J P, 6-1 7 5 0 3 6, A (オリンパス光学工業株式会社), 2 4. 6 月. 1 9 9 4 (2 4. 0 6. 9 4) (ファミリーなし)	1
A	J P, 3-1 5 7 6 0 9, A (オリンパス光学工業株式会社), 5. 7 月. 1 9 9 1 (0 5. 0 7. 9 1) &US, 5 1 2 8 8 0 8, A&DE, 4 0 3 6 0 6 5, A	3